

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**



## **Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua**

**Tesis para optar al título de Ingeniero  
en Recursos Naturales Renovables**

**Autores:**

**Br. Ulises Benjamín Rosales Sánchez  
Bra. Yamila del Carmen Centeno Álvarez**

**Asesor:**

**Dr. Efraín Acuña Espinal**

**Managua, Nicaragua  
Abril. 2009**

## INDICE GENERAL

Titulo	Pág.
ÍNDICE DE CONTENIDO	
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	li
INDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	lv
RESUMEN	V
SUMMARY	Vi
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación	5
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
2.1. Objetivo General	6
2.2. Objetivos Específicos	6
<b>III. MARCO TEORICO</b>	<b>7</b>
3.1. Concepto de vulnerabilidad	7
3.2. Aspecto relacionados con deslizamientos de tierra y la estabilidad de los suelos	7
3.2.1. Clasificación de deslizamiento	7
3.2.1.1. Tipos de movimientos en masa de acuerdo a su velocidad	8
3.2.1.2. Atendiendo a la profundidad de la superficie de ruptura	8
3.2.1.3. Clasificación de deslizamiento por su tipo y movimiento	8
3.2.1.4. Principales tipos de deslizamientos de acuerdo a la geometría del desplazamiento	10
3.2.1.5. Clasificación de los deslizamientos de acuerdo a la velocidad del movimiento	10
3.2.1.6. Tipos de deslizamientos más comunes en Nicaragua	11
3.2.2. Identificación de deslizamientos de tierra	13
3.2.2.1. Causas que pueden provocar los movimientos de masa	14
3.2.2.2. Condiciones que inducen susceptibilidad al movimiento en masa	15
3.2.2.3. Factores que provocan los deslizamientos de tierra	15
3.2.2.4. Señales de deslizamientos por la influencia de factores condicionantes y desencadenantes	17
3.2.2.5. Efectos que pueden provocar los deslizamientos de tierra	17

3.2.2.6. Medidas de prevención de los fenómenos de deslizamientos de tierra	17
3.3. Aspectos relacionados con la Erosión Hídrica	18
3.3.1. Degradación de los suelos	18
3.3.2. Erosión Hídrica	18
3.3.2.1. Fuerza de la que depende la erosión hídrica	18
3.3.2.2. Clases de erosión hídrica	19
3.4. Aspecto relacionado con el Sistema de Información Geográfica (SIG)	19
3.4.1. Definición sistema de Información Geográfica (SIG)	19
3.4.2. Análisis espacial	20
3.4.3. Modelos Digitales de Elevación (MDE)	21
3.4.4. Aplicaciones de los MDE	21
3.4.5. Integración del SIG con modelos de predicción de erosión	22
3.5. Aspectos relacionados con gestión local de riesgo	23
3.5.1. Gestión local	23
3.5.2. Enfoque de gestión de riesgo	24
3.5.3. El proceso de desarrollo de una agenda política	24
3.5.4. Gestión integral de riesgo a desastres naturales	25
3.5.4.1. Componentes y principios básicos para la gestión de riesgo	26
3.5.4.2. El análisis de riesgo como proceso participativo	27
3.5.4.3. Objetivos de la conformación de un proyecto de gestión de riesgo	28
3.5.4.4. Elementos para la gestión integral de riesgo	29
3.5.4.5. Identificación de la necesidad de un análisis de riesgo	30
3.5.4.6. Partes principales de un análisis de riesgo	31
3.5.4.7. Consideraciones sobre riesgos naturales y planificación	32
3.5.5. Aspectos que inciden en la vulnerabilidad de amenazas naturales	33
3.5.5.1. Estrategias para reducir la vulnerabilidad	35
3.5.5.2. Tipo de prevención en el ámbito municipal, acciones y medidas para la reducción de la vulnerabilidad	36
3.5.5.3. Acciones para la reducción de la vulnerabilidad	37
3.5.5.4. Acciones para la prevención y la atención	38
3.5.5.5. Niveles principales de construcción de la reducción de la Vulnerabilidad	38
3.5.5.6. Obras y Medidas preventivas para la reducción de la vulnerabilidad	39
3.5.5.7. Sobre la participación ciudadana	40

<b>IV. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>41</b>
4.1. Localización	41
4.2. Características biofísicas	41
4.2.1. Suelos	42
4.2.2. Geología	43
4.2.3. Tipos de rocas encontradas en el municipio de La Conquista	45
4.2.4. Características socioeconómicas	46
4.3. Metodología del estudio	47
4.4. Evaluación de amenaza de ocurrencia de deslizamientos	50
4.4.1. Metodología temática: Método Heurístico Geomorfológico	50
4.4.2. Modelo conceptual y diseño en sistemas de información geográfica	51
4.4.2.1. Factores intrínsecos	53
4.4.2.2. Factores extrínsecos	57
4.5. Materiales utilizados	66
<b>V. RESULTADOS Y DISCUCIONES</b>	<b>67</b>
5.1. Análisis de los factores intrínsecos	67
5.1.1 Análisis del factor densidad de drenaje	70
5.1.2. Análisis del factor unidades litológicas afectadas por fracturamiento	73
5.1.3. Análisis del factor pendiente	78
5.2. Análisis del mapa de vulnerabilidad a deslizamientos por factores extrínsecos	82
5.2.1. Análisis del factor erosión	85
5.2.2. Análisis del factor conflicto de usos de suelos	88
5.2.3. Análisis del factor clima	91
5.3. Análisis del mapa de vulnerabilidad potencial a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo.	95
5.4. Medidas a nivel local para disminuir el efecto de los fenómenos de deslizamientos de tierra	99
5.5. Ruta de evacuación	101
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>105</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>107</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>109</b>

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por permitir que culminara este trabajo, porque no me abandono jamás por haberme brindado fuerza, paciencia, sabiduría y esperanzas hasta lograr esta preciada meta a mis padres; José Benjamín Rosales Calderón y Mirna Azucena Sánchez Alvarado por haberme brindado su amor puro, eterno e incondicional, por haberse esforzado y sacrificado tanto para que hoy alcanzara este triunfo que no es solo mío sino también de ellos.

A mis hermanos por creer en mí, por brindarme su apoyo y comprensión en especial a mi hermano Luís Alberto Rosales Sánchez que mostró su fiel apoyo en todo momento.

A mis tíos y tías que me adoptaron y facilitaron mi estadía durante toda mi carrera acá en Managua, en especial a mi tía Miriam, tío Víctor y mi tía Lupita.

Ulises Benjamín Rosales Sánchez

A Dios por permitirme terminar con éxito este trabajo, guiarme y cuidarme durante mis estudios, a mis padres Paulino Centeno y Lorena Álvarez por darme su apoyo en todo el transcurso de mis estudios.

A mi abuelita y tía por darme todo su amor, comprensión y consejos para que yo pudiera salir adelante.

A mis amigos que siempre estuvieron ahí alentándome a cada segundo para no dejarme vencer.

A mi compañero de tesis Ulises Rosales Sánchez por aguantarme y tenerme paciencia en el tiempo que nos tomo concluir este trabajo.

Yamila Centeno Álvarez

## **AGRADECIMIENTOS**

Autores de este documento:

Agradecemos con toda sinceridad, a Dios a nuestros Padres y Hermanos, por su apoyo incondicional, comprensión y consejos brindados.

Al Dr. Efraín Acuña por habernos dado la oportunidad de trabajar con el y culminar este trabajo con su apoyo, consejos e indicaciones. Le agradecemos todos los momentos compartidos durante todo el tiempo que nos tomo terminar este documento y muy especialmente su amistad.

A la Dra. Martha Orozco y al profesor M.Sc. Cesar Aguirre por su apoyo, en momentos de confusión, por su amistad brindada.

A mi gran amigo incondicional Yader Barrera por ayudarme, apoyarme y alentarme.

A todos muchas gracias.

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
1. Definición de los niveles de susceptibilidad a deslizamientos por actores extrínsecos	51
2. Clasificación de susceptibilidad a deslizamientos por la densidad de Drenaje	54
3. Formaciones geológicas predominantes en el municipio de La Conquista y su aporte a la ocurrencia de deslizamientos	54
4. Intervalos de pendientes, formas del terreno y susceptibilidad a deslizamientos de tierra	56
5. Asignación de valores al factor C (EUPS), en función del tipo de cobertura existente en el municipio de La Conquista	59
6. Clasificación de los niveles de erosión	61
7. Descripción de los conflictos de uso de la tierra y su aporte a deslizamientos de tierra	62
8. Intervalos de precipitación de la media racional y su aporte como factor incidente a los deslizamientos de tierra	64
9. Niveles de vulnerabilidad potencial por factores intrínsecos	67
10. Densidad de drenaje por microcuenca	70
11. Longitud de fallas por unidades geológicas	73
12. Niveles de susceptibilidad del factor pendiente	78
13. Niveles de vulnerabilidad por factores extrínsecos	82
14. Niveles de erosión	85
15. Niveles de susceptibilidad por los conflictos de usos de suelo	88
16. Niveles de vulnerabilidad potencial a deslizamientos	95

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
1. Mapa de ubicación del municipio de La Conquista	41
2. Fases metodológicas del estudio y sus respectivas actividades	49
3. Modelo conceptual para la predicción de deslizamiento de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo	52
4. Procedimiento para la obtención del mapa de factores intrínsecos	57
5. Modelo conceptual para la predicción de la erosión hídrica actual del municipio de la Conquista, Carazo	60
6. Precipitación promedio de la estación Campos Azules (Masatepe), 30 años de registro	63
7. Precipitación promedio de la estación Nandaimé 30 años de registro	64
8. Procedimientos para la obtención del mapa de factores extrínsecos	65
9. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra por factores intrínsecos	69
10. Mapa de densidad de drenaje y su aporte a los deslizamientos de tierra	72
11. Mapa de densidad de fracturamiento como factor contribuyente a los deslizamientos de tierra	77
12. Mapa de pendientes y su aporte a los deslizamientos de tierras	81
13. Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra por factores extrínsecos	84
14. Mapa de erosión estimada y su aporte a los deslizamientos de Tierra	87
15. Mapa de conflictos de uso de suelo y su contribución a los deslizamientos de tierra	90
16. Mapa de clima y su contribución a los deslizamientos de tierra	94
17. Mapa de la vulnerabilidad potencial a deslizamientos de tierra en La Conquista, Carazo	98
18. Deslizamiento en las vecindades de Tecomapita e inclinación de la vegetación producto de la activación del deslizamiento	99
19. Obras de Mitigación en las cercanías de la comunidad La Mohosa	101
20. Tramo de camino en mal estado La Conquista-Las Enramadas	103
21. Mapa de situación de caminos y comunidades con problemas de evacuación por las fuertes corrientes en tiempos de lluvia en el municipio La Conquista, Carazo.	104



## RESUMEN

El estudio sistemático de los desastres y amenazas naturales en Nicaragua es reciente, particularmente en deslizamientos de tierras de laderas. Este estudio tiene por objetivo zonificar áreas potencialmente vulnerables a sufrir deslizamientos de tierra en el municipio de la Conquista, Carazo por medio del método Heurístico geomorfológico. Este método consiste en combinar mapas temáticos calificados, con el uso de la herramienta SIG, para luego obtener mapas indicativos de prevención y mitigación de desastres. Esto sirva en el futuro para la toma de decisiones en la gestión de riesgo. Para obtener el **Mapa de amenazas potencial a deslizamientos**, se realizó primero el **Mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos** el cual considera información sobre geología, pendiente y drenaje. Luego el **Mapa de factores extrínsecos**, el cual considera el conflicto de uso de la tierra, clima y erosión. Los resultados mostraron que los factores más determinantes en las áreas potencialmente vulnerables son: 1). conflicto de uso de la tierra, 2). geología impermeable, 3). pendientes del terreno mayores del 15% y, 4). sitios con alta densidad de fracturas. Los sitios de mayor probabilidad de ocurrencia a deslizamientos son; cerró la Pitilla, Los Charcones y el Raizado. Sitios localizados en suelos marginales de laderas cercanas a comunidades distantes al municipio. El estudio recomienda cambiar las prácticas agrícolas de acuerdo a la vocación de los suelos, e introducir prácticas de conservación de suelos, para disminuir las probabilidades de ocurrencia de estos fenómenos como los deslizamientos.

## SUMMARY

The systematic study of the natural disaster and threats in Nicaragua is recently done, particularly focus on landslides in steep land area. In order to identify areas potentially vulnerable for landslides occurrence and zoned it in the municipality of La Conquista, Carazo, using the geomorphologic heuristic method, was performed the present study. This method consists of combine accurate thematic maps, whit the GIS tools to then obtain the indicative maps to prevent and mitigate disasters. Thus it will use in the future as a source to maker decisions in the risk gestations. To obtain the map of potential threats to landslides, it was done first the map of susceptibility for intrinsic factors which take into account information on geology, slope and drainage. And the map of extrinsic factors these take into account the conflict in the use of the land, climate, and erosion. The results showed that the most determined factors in the areas potentially vulnerable are: 1). conflicts in the land use, 2). impermeable geology, 3). higher slope than 15 %, 4. place with high density of fractures. The places with a high probability of occurrence to landslides are: hill La Pitilla, Los Charcones. El Raizudo, these are marginal soils of slopes around communities which are far from municipality. The study suggests changing farming practices according to soil vocation and promoting the introduction of soils conservation to reduce the occurrences of the landslide phenomenon.

## I. INTRODUCCION

La actividad sísmica y las formaciones geológicas tienen efecto sobre la dinámica del relieve lo cual incide sobre la superficie terrestre, formando parte del ciclo natural de las laderas en la búsqueda del equilibrio.

Además de estos factores que pueden ocasionar movimientos de tierra existen procesos que pueden ser inducidos o provocados por el hombre (actividad antropogénica). Muchas de las actividades que el hombre realiza como prácticas agrícolas no adecuadas y construcciones, le dan al suelo ciertos grados de inestabilidad lo cual puede producir movimientos al tener presión sobre algunos factores exógenos como son los factores climáticos, endógenos y la topografía (topo secuencia) del terreno.

Los deslizamientos de tierra y desprendimientos de materiales, así como los flujos, son las tipologías de movimientos más frecuentes en Nicaragua” (INETER, 2001), los primeros son frecuentes en áreas grandes de cultivos y en carreteras mientras que los flujos son frecuentes en las quebradas (canales torrenciales) de montañas o de edificios volcánicos.

Los movimientos de tierra constituyen un problema geológico cuando afectan las infraestructuras locales y/o afectan o pongan en peligro la vida de los pobladores de una determinada región.

Por esta razón, el estudio de estos fenómenos naturales o inducidos por el hombre deben de ser analizados muy profundamente, para evitar problemas económicos y sociales. Es de mucha importancia su inclusión en los estudios de ordenamiento territorial para evitar los daños que estos puedan causar en áreas en donde están ubicados casas, barrios o ciudades enteras.

Para evitar o minimizar danos sociales o económicos se realizo el estudio de **vulnerabilidad potencial ante deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo**, con lo que se pretende obtener información in situ y disponerla para futuros estudios como el de ordenamiento territorial para minimizar los daños en áreas potencialmente vulnerables a deslizamientos de tierra que puedan afectar a las poblaciones aledañas.

## **1.1 Antecedentes.**

Los deslizamientos y deslaves se observan en Nicaragua asociados a causas de origen tectónico o climático y en ocasiones a una combinación de ambas. La orografía accidentada del territorio y su extenso fallamiento que se remonta a los tiempos, facilita que rocas y suelos de baja cohesión enquistadas de origen volcánico en pendientes pronunciadas puedan precipitarse (Wheelock et al. 2000).

La existencia de terrenos empinados y poco estables permiten también que las lluvias intensas en combinación con suelos arcillosos o fácilmente erosionados desgajen grandes masas de detritos como corrientes de piedra y lodo.

En Nicaragua existen en algunos lugares condiciones propicias para la ocurrencia de fenómenos de deslizamientos de tierra se han datado algunos ocurridos en diferentes sitios del territorio nicaragüense que han estado relacionados con intensas y continuas precipitaciones en ocasiones por el clima propio del lugar como la situación ocurrida en el municipio de Río Blanco, Matagalpa en el 2004 ubicado en el cerro Musùn; y otros asociados directamente por la influencia de Huracanes, por ejemplo el ocurrido en 1998 en el Volcán Casitas el cual el cual su deslave se debió a las precipitaciones que ocasionará el huracán Mitch este fue el evento mas catastrófico ocurrido.

Han ocurridos otros fenómenos de deslizamientos focalizados de pequeña magnitud que no han sido datados porque no han tenido impactos graves a la sociedad. Dadas las condiciones de algunas formaciones geológicas del pacifico de Nicaragua constituidos en su mayoría de materiales sólidos como rocas, flujos de lava, tobas, arenas, cenizas y pómez producto de actividades volcánicas pasadas, dan las condiciones a que se generen movimientos de tierra.

Después de este triste episodio en Nicaragua el gobierno, municipalidades y ONG's han impulsado estudios para evaluar el riesgo y realizar planes de mitigación y prevención y

organizar a la población para dar paso a la gestión de riesgo.

La Universidad Nacional Agraria por medio de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente realizó el presente estudio en el Municipio de la Conquista, Carazo, para evaluar el grado de amenaza y riesgo a que produzcan deslizamientos de tierra, y en este sentido mejorar la gestión de riesgo del municipio en pro de su desarrollo ordenado desde el punto de vista social y productivo.

## 1.2 Justificación

El municipio de la Conquista, Carazo se encuentra ubicada en el pacifico de Nicaragua., sus suelos son de origen volcánico proclives a presentar movimientos de tierra, y mas aun por encontrarse bajo la incidencia de sismos generados por la cercanía al choque de las placas Cocos y Caribe y por la presencia de actividad volcánica en otros departamentos cercanos.

En este municipio ya se han registrado pequeños deslizamientos de tierra en las cerca de algunas comunidades como Tecomapita, Paso La Solera, La Avelana entre otras, se trataron de movimientos aislados, posiblemente relacionados con el huracán Mitch (Octubre de 1998), en sitios ocupados para la agricultura. Esto nos demuestra que el área de estudio tiene sitios donde la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos de tierra es una realidad., por lo que el objetivo de este estudio es identificar el área potencialmente vulnerable, mediante la evaluación de las condiciones climáticas, edáficas, geomorfológicas y geológicas, a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y así poner a disposición la información obtenida que ayude a advertir a las autoridades municipales y demás organismos de interés.

Todo esto, por la necesidad de dar pasó a la gestión de riesgo en coordinación con la población y otras instituciones de incidencia en el municipio, con el fin de prevenir un evento desastroso donde se puedan perder vidas humanas y ocasionar daños materiales. De esta manera ir adoptando una cultura en base a acciones y actividades que estén acorde con la realidad del municipio, y sobretodo que se llegue a crear planes que logren mantener el equilibrio entre los recursos naturales y la población, de esta manera se logrará minimizar la posibilidad de ocurrencia de estos eventos o en última instancia disminuir el daño que estos pudiesen provocar.

## **II. Objetivos.**

### **2.1 Objetivo general**

- Identificar áreas potencialmente vulnerables a deslizamientos de tierra a través de mapas indicativos, para buscar alternativas de gestión y mitigar los daños por efectos de este fenómeno en el municipio de La Conquista, Carazo.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar áreas potencialmente vulnerables a deslizamientos de tierra así como los factores incidentes que causen el fenómeno.
- Evaluar que factores extrínsecos e intrínsecos inciden en la vulnerabilidad para que se presente el fenómeno de deslizamientos de tierra.
- Elaborar la cartografía de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra del municipio de La Conquista,
- Proponer medidas para mitigar el efecto de fenómenos de deslizamientos de tierra.



### **III. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Concepto de vulnerabilidad**

Según INETER (2001), es la sumatoria de una serie de condiciones físicas, económicas, sociales, culturales, ambientales, etc. Que interactúan entre si de manera dinámica, y determinan la fragilidad de un lugar a ser afectado por un determinado fenómeno natural.

#### **3.2 Aspectos relacionados con deslizamientos de tierra y la estabilidad de los suelos**

##### **Definición de deslizamientos de tierra.**

Son movimientos lentos o rápidos del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo debido aun aumento de peso, pérdida de consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en la ladera. A estas condiciones se le debe sumar factores externos como la sismicidad, vulcanismo y las lluvias (Jiménez, 2002).

En particular un suelo entra en desequilibrio cuando este pierde su tendencia de permanecer in situ, adquiriendo tendencia al desplazamiento en presencia de pendientes adecuadas por efecto de la gravedad.

La estabilidad de suelos es importante en estudios del medio físico; los riesgos de desprendimiento y movimientos en masa imponen fuertes limitaciones al desarrollo de las actividades constructivas y a la asignación de usos al suelo (Way, 1973; citado por Aguilo, 1998)

##### **3.2.1 Clasificación de deslizamientos**

Existen clasificaciones de deslizamientos atendiendo al tipo de movimiento, al contenido de agua, a la velocidad del movimiento, a la profundidad de la superficie de ruptura y al estado de la actividad (Varnes, et al, 1978 citado por COSUDE–ALARN, 2002a).

### **3.2.1.1 Tipos de movimientos en masa de acuerdo a su velocidad**

- *Sub estabilizados a lentos*, cuando presentan movimientos de 0 a 2 cm/año.
- *Pocos activos*, cuando presentan movimientos de 2 a 10 cm/año.
- *Activos con fases rápidas*, cuando presentan movimientos con velocidades mayores a 10 cm/año.

### **3.2.1.2 Atendiendo a la profundidad de la superficie de ruptura**

Los deslizamientos se clasifican como:

- Deslizamiento superficial*, la profundidad de la superficie de ruptura esta entre 0 y 2 m.
- Deslizamiento semiprofundo*, la superficie de ruptura tiene profundidades entre 2 y 10 m.
- Deslizamiento profundo*, la profundidad de la superficie de ruptura es mayor de 10 m. (COSUDE–ALARN, 2002a)

### **3.2.1.3 Clasificación de deslizamientos por su tipo de movimiento**

Según Jiménez (2002), los deslizamientos de tierra se pueden clasificar por su tipo y movimiento de la siguiente manera:

- **Rodados**

Un rodado es una masa de roca u otro material que desciende por medio de una caída o rebote en el aire. Estos son mas comunes a lo largo de caminos empinados o terraplenes ferroviarios, acantilados empinados o arrecifes socavados escarpadamente, especialmente en las regiones costeras una sola roca grande puede causar grave daño.

- **Derrumbe**

Un derrumbe se debe a las fuerzas derrivadoras que causa la rotación de roca fuera de su posición original. La parte rocosa puede haberse estacionado en un ángulo inestable, balanceándose en un punto de giro del cual se inclina una rueda hacia delante. Un derrumbe tal vez no contenga mucho movimiento y no necesariamente provoca una caída o desprendimiento de rocas.

- **Propagación lateral**

Grandes bloque de tierra se propagan horizontalmente fracturándose desde su base original. La propagación lateral generalmente ocurre en pendientes suaves, usualmente de menos de 6% y típicamente se propagan de 3 a 5 metros, pero pueden moverse desde 30 a 50 metros donde las condiciones sean favorables. En el caso de propagación lateral usualmente hay rompimiento interno formándose, numerosas grietas y acantilados. El proceso puede ser causado por licuefacción donde la arena o el sedimento suelto y saturado asumen un estado licuado. Usualmente ocurre por el estremecimiento del suelo.

- **Aludes**

Los aludes avanzan como un líquido viscoso, a veces muy rápido y puede cubrir varios kilómetros. No es necesaria la presencia del agua para que se produzca el alud; sin embargo, la mayoría de los aludes se forman después de periodos de intensas lluvias. Un alud de lodo contiene por lo menos 50% de arena, sedimentos y partículas de arcillas.

Un lahar es un alud de lodo que se origina en la pendiente de un volcán y que puede ser activado por las lluvias, por repentino derretimiento de nieve o glaciares o por el agua que fluye de lagos de cráteres. Un torrente de eyecciones es una mezcla acuosa de tierra, rocas y materia orgánica combinada con aire y agua. Los torrentes de eyecciones ocurren usualmente en barrancos empinados. Los aludes muy lentos, casi imperceptibles de tierra y lecho de rocas se llaman movimiento paulatino. Durante largo

tiempo los movimientos paulatinos del terreno pueden causar la caída de postes de tendido eléctrico y otros objetos.

#### **3.2.1.4 Principales tipos de deslizamientos, de acuerdo a la geometría del desplazamiento.**

Según Zinck (1996), también se puede distinguir dos tipos principales de deslizamientos, de acuerdo a la geometría del desplazamiento.

- ***Desplazamientos rotacionales***

Un desplazamiento rotacional (slum), involucra un movimiento semi-circular del material en un plano curvo, alrededor de un eje transversal a la vertiente, mientras la parte transversal se desploma y se hunde, el frente se levanta en ligera contra pendiente.

- ***Desplazamiento traslacionales***

Los deslizamientos traslacionales corresponden a movimientos en plancha paralelos a la inclinación del relieve y al buzamiento del sustrato rocoso. Rocas estratificadas o esquistosas, inclinadas paralelamente a la pendiente, son particularmente favorables (Zinck, 1996).

#### **3.2.1.5 Clasificación de los deslizamientos de acuerdo a la velocidad del movimiento**

Según Jiménez (2002), los deslizamientos de tierra pueden presentar movimientos con distintas velocidades por lo que los clasifica de la siguiente manera:

- a. Movimientos Rápido***

Alcanzan velocidades hasta de 4 metros por segundo y se pueden originar en zonas con pendientes muy fuertes y empinadas, donde domina la caída de rocas de residuos que se acumulan formando un talud o se puede producir al deslizarse una gran masa en segundos o minutos. Entre ellos tenemos desprendimientos y flujos de lodo.

### ***b. Movimientos Lento***

Las velocidades son del orden de centímetros o metros por año. Se caracterizan por transportar gran cantidad de material. Evidencias que muestran la presencia de un deslizamiento lento son: la inclinación de los árboles a favor de la pendiente, la inclinación de cercas el agrietamiento de casas, entre otros.

#### **3.2.1.6 Tipos de deslizamientos más comunes en Nicaragua**

De acuerdo a COSUDE–ALARN (2002b), los tipos de desplazamientos más comunes en Nicaragua son:

- **Derrumbes o caídas**

La masa de rocas o de bloques se desprende de una ladera y cae por efecto de la gravedad, sin tener una superficie real de deslizamientos. El material se acumula en la base del acantilado formando una pendiente lo que generalmente constituye una amenaza adicional ya, que puede removilizarse.

- **Deslizamientos**

Se define como el movimiento de una masa de rocas o suelos a lo largo de una superficie de ruptura donde implica tanto fenómenos lentos como rápidos. Los movimiento pueden ser del tipo rotacional, traslacional, plano o complejo y superficiales o profundos.

- **Deslizamientos subestabilizados**

Se refiere a masas inestables que tienen una actividad mínima o están estabilizados, significan que fueron activos en tiempos pasados y que actualmente no se mueven al haber las condiciones que facilitaban su actividad (cambios climáticos, erosión o profundización de causes lo que ha dejado colgados, o por haber alcanzado una pendiente inferior a la de un ángulo de reposo), en ambos casos no se asume que no representen mayor peligro.

- **Deslizamientos peliculares**

El terremoto presenta una morfología típica de cáscara de naranja, con pequeñas ondulaciones con diámetros promedios de hasta un metro y profundidades entre 1 y 2 metros. Evolucionan hacia una forma de escalones o rombos que se conocen como caminos de vaca. Este tipo de deslizamientos afectan fundamentalmente la cubierta edáfica, depósitos eluviales y coluviales finos, generalmente sobre pendientes mayores a 20°. La velocidad de este fenómeno es lenta; sin embargo es susceptible a degenerar en coladas y deslizamientos rápidos tipos coladas de lodo y detritos. Este es un fenómeno que ocurre en la región central y norte de Nicaragua, relacionado al uso intensivo e inadecuado del suelo. La única forma de detectarlo es por su típica apariencia ondulada (cáscara de naranja y camino de vacas), especialmente en terrenos de cultivos y pastoreo.

- **Deslizamientos Rotacionales**

Un deslizamiento rotacional involucra un movimiento semi-circular del material en un plano curvo, alrededor de un eje transversal a la vertiente. Mientras la parte trasera del paquete se desploma y se hunde, el frente se levanta en ligera contra pendiente. Los materiales mas favorables son de composición homogéneas, no estratificado y sin control estructural. Se trata por lo general de saprofitas espesas, formada por alteración de rocas cristalinas (ígneas o metamórficas), o de mantos deposicionales diversos.

### **Deslizamientos traslacionales**

Corresponden a movimientos en planchas, paralelo a la inclinación de un relieve y al buzamiento del sustrato rocoso. Rocas estratificadas o esquistosas, inclinadas paralelamente a la pendiente, son particularmente favorables. La superposición de capas porosas sobre estratos impermeables permite el cizallamiento. Usualmente este tipo de deslizamiento es de gran extensión transversal y se exhiba en la zona frontal.

- **Reptación**

Es la deformación que sufre la masa de suelo o roca como consecuencia de

movimientos muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar en la curvatura de los árboles, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas.

- **Coladas**

Son el resultado del movimiento de una masa de material sobresaturado, casi en estado líquido de carácter rápido y generalmente formando un perfil longitudinal alargado como un cono terminal, la superficie de corte o ruptura usualmente no se preserva. Las coladas están en dependencia del tipo de material desplazado y de la cantidad de agua involucrada; se pueden dividir de la siguiente manera:

**a. Coladas de lodo:** El material en movimiento es una mezcla de material de granulometría fina, como arcilla con abundante agua.

**b. Coladas o flujos de detritos:** Son flujos de material granular y escombros que presentan una matriz areno-arcillosa que en su conjunto se movilizan a través de canales preexistentes o formados por el mismo flujo.

- **Flujos**

Movimientos más o menos rápidos de masa rocosa no consolidada de granulometría fina. La saturación de agua puede hacer que se comporte como un fluido de alta viscosidad, haciéndose más espeso generalmente al final de su recorrido. Suelen estar asociados a violentas tormentas, fusión de hielos, aumentos del nivel freático, etc., que aportan más agua de la que puede ser absorbida. Los movimientos del tipo flujo suelen afectar a masas con granulometría muy fina, con abundante presencia de minerales de arcilla, derrubios o fragmentos de rocas. Este último caso se diferencia de un deslizamiento o una avalancha por el contenido de agua (Varnes, 1958; citado por Aguilo, 1998).

### **3.2.2 Identificación de deslizamientos de tierra**

Los terrenos de deslizamientos pueden ser identificados a través de observaciones e interpretaciones de los mapas geológicos y topográficos, de fotografías aéreas de diferentes años, así como observaciones de campo.

En los mapas topográficos es posible observar disturbios o discontinuidades en las curvas de nivel (curvas no paralelas o caóticas) y relacionarla con terrenos inestables. Para ayudar a visualizar estas discontinuidades pueden realizarse perfiles topográficos y geológicos, tanto en las áreas afectadas como en las áreas no afectadas; en mapas antiguos como en los más recientes, lo cual permite comparar la topografía y definir el área de deslizamiento. La densidad y tipo de drenaje es otro factor a considerar así como los cursos de ríos desviados. Toda esa información debe ser verificada en el campo (COSUDE–ALARN, 2002a).

### **3.2.2.1 Causas que pueden provocar los movimientos de masa.**

Causas inmediatas de movimientos en masa (Sheng, 1966, citado por Aguilo, 1998).

- Concentración de aguas de lluvia
- Escurrimientos
- Descalces o desmontes por las corrientes de agua
- Excavaciones artificiales (canteras, carreteras, etc.)
- Cultivos en pendiente
- Procesos geológicos
- Combinaciones de las causas anteriores

Según Way (1973), citado por Aguilo (1998), los factores que intervienen en la inestabilidad de los suelos generalmente se combinan para producir este tipo de movimientos, aunque en esencia suelen aparecer dos fuerzas fundamentales:

*Resistencia al corte o cizalladura* la cual depende del tipo del material del que esté constituido el suelo.

*El esfuerzo cortante* el cual depende del ángulo de pendiente, pudiendo aumentar por la acumulación de agua o construcciones artificiales y por la alternancia de estratos de distintos materiales paralelos a la pendiente



### **3.2.2.2 Condiciones que inducen susceptibilidad al movimiento en masa**

Según Way (1973; citado por Aguilo, 1998), existen diferentes condiciones que pueden provocar los movimientos en masa, y las expresa de la siguiente manera:

- Suelos arcillosos, cohesivos y saturados de agua
- Suelos sueltos con estructura particular y baja resistencia al corte o cizalladura
- Rocas sedimentarias alternadas con estratos paralelos a la pendiente de las laderas
- Rocas metamórficas de estructuras muy esquistosa y con planos de exfoliación paralelos a la pendiente de las laderas
- Rocas ígneas o metamórficas muy alteradas o descompuestas
- Existencias de fallas o fracturas paralelas o interceptando las pendientes
- Materiales intercalados o alternantes de diferente resistencia o permeabilidad
- Existencia de fuerte escorrentía a lo largo de las laderas
- Suelos de coluvión
- Existencia de alternancias rápidas en el nivel de las capas freáticas.

### **3.2.2.3 Factores que provocan los deslizamientos de tierra**

Según INETER (2001), dentro de las causas o factores que controlan los movimientos de ladera se pueden establecer dos grandes grupos:

#### ***a. Factores condicionantes***

Están unidos a la propia naturaleza composición, estructura y forma del terreno entre ellos tenemos;

- Relieve (pendiente)
- Litología
- Estructura geológica
- Propiedades físicas
- Comportamiento hidrogeológico

- Propiedades geomecánicas

#### ***b. Factores desencadenantes***

Pueden considerarse como factores externos los que actúan sobre la ladera provocando o desencadenando su inestabilidad al modificar las condiciones preexistentes, entre ellos están:

- Aporte de agua
- Aplicación de carga o dinámicas (movimientos naturales o inducidos)
- Cambios en las condiciones geológicas
- Factores climáticos
- Variación en la geometría del talud
- Erosión o socavación del pie
- Acciones antrópicas

El primer grupo de factores configuran las diferentes topologías, mecanismos y modelos de ruptura, mientras que el segundo grupo de factores es responsable en gran medida de la magnitud de los movimientos.

El relieve en particular juega un papel definitivo en cuanto es necesaria una cierta pendiente para que se produzca cierto tipo de movimientos gravitacionales como por ejemplo los flujos. Sin embargo en ocasiones y dependiendo de otros factores presentes es suficiente una pendiente muy baja para que tenga lugar grandes deslizamientos.

La estructura geológica, la estratigrafía y la litología son factores muy importantes en cuanto a que determinan la potencialidad de movimientos en los diferentes materiales rocosos. En particular las variaciones en la composición, competencia, resistencia, deformación, dureza, grado de alteración, fracturación, porosidad y permeabilidad determina la posibilidad de un terreno a sufrir deslizamientos bajo la actuación de determinados factores desencadenantes. A la vez, características litológicas estructurales de los materiales que están asociados al comportamiento geomecánico e

hidrogeológico condicionados por el grado de alteración y meteorización de las formaciones en relación con las condiciones climáticas de una zona.

#### **3.2.2.4 Señales de deslizamientos por la influencia de factores condicionantes y desencadenantes**

Según COSUDE (1999), los terrenos que comienzan a deslizarse casi siempre avisan. Las señales de un terreno que se está deslizando son:

- Corte como grada, en el que podemos ver las raíces de los pastos.
- Árboles o postes que se van inclinando poco a poco.
- Zanjas o cortes que bajan de la loma como forma de cuchara o de hamaca, a veces esta zanja abarca bastante terreno.
- Cuando aparecen caminos que nadie ha hecho en forma de trenzas y que algunas personas les llaman caminos de vaca.
- Abundancia relativa de agua, desviación del río hacia la orilla opuesta.

#### **3.2.2.5 Efectos que pueden provocar los deslizamientos de tierra**

- Pérdidas de vidas humanas.
- Destrucción de infraestructuras públicas y/o privadas.
- Incomunicación.
- Aumento de la pobreza.

#### **3.2.2.6 Medidas de prevención de los fenómenos de deslizamientos**

- Capacitación sobre sistemas de alerta temprana.
- Participar en capacitaciones sobre prevención de desastres.
- Construir muros de retención, implementar sistemas de espigones.
- Reforestar las orillas del río y en los sitios desprovistos de vegetación con plantas propias del municipio de La Conquista.
- Reubicación de viviendas y prohibir la construcción de viviendas en los sitios críticos.

- Realizar obras de drenaje.

### **3.3 Aspectos relacionados con la erosión hídrica y la disponibilidad de suelo**

De acuerdo con Pérez y Rojas (2005), la disponibilidad de material que puede ponerse en movimiento es afectada por la erosión al disminuir la cantidad de suelo.

#### **3.3.1 Degradación de los suelos**

Es un proceso que rebaja la capacidad de uso actual y potencial de los suelos para producir (cuantitativa y/o cualitativamente) bienes o servicios. La degradación de los suelos no es necesariamente continua, sino que puede ocurrir en periodos relativamente cortos entre dos estados de equilibrio ecológico (FAO, 1980).

#### **3.3.2 Erosión hídrica**

Proceso mediante el cual el agua de lluvia ejerce su acción erosiva sobre el suelo mediante el impacto de las gotas, las cuales caen con velocidades y energía variables según sea su diámetro. De su cantidad, intensidad y distribución depende el volumen del flujo que se desliza en capa uniforme sobre la tierra llevando en suspensión partículas del suelo.

##### **3.3.2.1 Fuerzas de la que depende la erosión hídrica**

Según Suárez (1982), la erosión por el agua depende de los siguientes factores.

- **Fuerzas activas**
  - Características de las lluvias (intensidad, duración y frecuencia)
  - Pendiente y área del terreno
  - Capacidad de absorción del suelo
- **Resistencias**
  - Propiedades físicas y químicas del suelo

- Vegetación

### **3.3.2.2 Clases de erosión hídrica**

Según Suárez (1982), la erosión causada por el agua se puede dividir en tres clases, las cuales pueden ocurrir simultáneamente sobre el mismo terreno.

- **Erosión laminar:**

Consiste en la remoción en capas, más o menos uniformes del suelo sobre toda una área. Es la forma menos notable del flagelo y, por lo mismo la más peligrosa. A través de su acción comienza a tornarse de color más claro el suelo superficial, por efecto de la remoción de humus y a reducirse la productividad de los terrenos en forma progresiva. Es especialmente perjudicial por su acción selectiva sobre las partículas del suelo, arrastra primero la porción más liviana de esas partículas.

- **Erosión en surcos:**

Ocurre cuando por pequeñas irregularidades en la pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para hacer cortes y formar canículos que se destacan en el terreno. Ocurren especialmente en aguaceros de gran intensidad y en terrenos con pendientes pronunciadas.

- **Erosión en zanjas o en cárcavas:**

Se presenta cuando hay una gran concentración de la escorrentía en determinadas zonas del terreno y se permite que año tras año vayan ampliándose los surcos formados por la acción de esas corrientes de gran volumen y velocidad.

## **3.4 Aspectos relacionados con el Sistema de Información Geográfica (SIG)**

### **3.4.1 Definición de sistema de información geográfica**

Según la Revista Ciencia (2001), un SIG es un conjunto de programas de computación

que tiene capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales. Aquellos datos que tengan referencias geográficas, como por ejemplo densidades de insectos (N° de individuos por unidad de área), tipos de suelo, de vegetación, caminos, datos climáticos, pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en la confección de mapas o coberturas temáticas que permitan la visualización y análisis de forma integrada de los datos originales y no como entidades individuales. Se puede considerar esencialmente al SIG, como una tecnología aplicada a la resolución de problemas territoriales, en otras palabras, un SIG es sensible de aplicarse en cualquier área que requiera del manejo de información espacial.

### **3.4.2 Análisis espaciales**

Según Mao (2006), el análisis espacial es el conjunto de procedimientos utilizados para abordar el estudio de la estructura y las relaciones territoriales a partir del conocimiento de la posición de las entidades geográficas y las características de las variables seleccionadas para su estudio.

Según Mao (2006), las funciones usos y aplicaciones del análisis espacial son:

El análisis espacial pone en evidencia estructuras y formas de organización espacial recurrentes, que resumen por ejemplo los modelos centro-periferia, los campos de interacción de tipo gravitatorio, las tramas urbanas jerarquizadas, los diversos tipos de redes o de territorios, etc. Analiza los procesos que se encuentran en el origen de esas estructuras, a través de conceptos como los de distancias, de territorialidad, de interacción espacial, de alcance espacial, de polarización, de centralidad, de estrategia o de elección espacial.

Las funciones de análisis tratan conjuntamente los datos cartográficos y sus atributos temáticos. Se identifican cuatro grupos de funciones:

#### **Recuperación**

- Superposición

- Vecindad
- Conectividad

### **Superposición**

- Superposición geométrica
- Superposición lógica de atributos
- Superposición aritmética de atributos

### **Vecindad**

- Contenido
- Filtrado
- Poligonación
- Generación de isolíneas
- Interpolación
- Modelos Digitales de Terreno

### **Conectividad**

- Contigüidad
- Proximidad
- Difusión espacial
- Análisis de redes

### **3.4.3 Modelos Digitales de Elevación**

El modelo digital de elevación (MDE) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la elevación de la superficie del terreno. La unidad básica de información de un MDE es un valor de elevación Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial (Felicísimo, 1994).

#### **3.4.4 Aplicaciones de los MDE**

- Los MDE pueden ser aplicables a cualquier estudio que requiera como dato la altura topográfica de la tierra y su variación espacial, de esta manera pueden ser utilizados para:
  - Estudios de exploración geotérmica.
  - Estudios de vulnerabilidad a desastres naturales.
  - Estudios para planificación de urbanización.
  - Estudios de suelos e hidrológicos, entre otros.

#### **3.4.5 Integración del SIG con modelos de predicción de erosión**

La FAO (2002), señala que la selección de medidas para reducir la erosión y prevenir la degradación de la calidad de los suelos está determinada por su uso y cobertura, la topografía y las propiedades del mismo, así como por factores socioeconómicos. Sin embargo, en muchos casos la falta de experiencia, tiempo y dinero no permiten llevar a cabo una planificación apropiada para su conservación.

Los SIG y los modelos de predicción de erosión y movimiento de agua en el suelo basado en procesos detallados, constituyen herramientas que pueden ayudar en el proceso de toma de decisiones en la planificación ambiental y de recursos naturales. La cuantificación de los efectos sobre la degradación del suelo y la calidad del agua es extremadamente difícil a nivel de cuenca; sin embargo, es de gran importancia para los responsables de la elaboración de las políticas para los recursos agua - suelo y para sus usuarios. Los modelos de simulación son las mejores herramientas hasta la fecha, en lo que respecta a la cuantificación de zonas con riesgo, cargas y concentraciones de contaminantes a escala de cuenca.

Una de las razones más poderosas para implementar un enfoque automatizado a la planificación de recursos, es la capacidad para cambiar interrogantes, escenarios o



supuestos, rápida y fácilmente.

Los tipos de interrogantes están limitados sólo por los responsables de las políticas y los planificadores y la disponibilidad de datos. Es posible hacer un análisis complejo en corto tiempo (especialmente en comparación con el tiempo que se necesitaría para hacer manualmente los cálculos para un nuevo interrogante, y luego preparar manualmente los mapas), utilizando una combinación de análisis sencillos tales como la superposición de mapas y operaciones "booleanas" en SIG.

### **3.5 Aspectos relacionados con la gestión local de riesgo**

#### **3.5.1 Gestión local**

La sociedad humana y el medio ambiente natural se han tornado cada vez más vulnerables a las amenazas naturales. La situación es particularmente aguda en Centroamérica, por ser una de las regiones del mundo más propensas a los desastres. Esta clase de eventos amenaza el desarrollo sostenible de la región, al destruir años de esfuerzos e inversiones, al crearle nuevas cargas a la sociedad para la construcción y la rehabilitación, y al desviar las prioridades de desarrollo de los objetivos a largo plazo hacia la satisfacción de necesidades más inmediatas.

Las amenazas naturales no tienen porque convertirse en desastres naturales y sociales, puesto que gran parte de su riesgo puede reducirse mediante una planificación apropiada, incluyendo una gestión ambiental adecuada.

Según Prater (1996), los motivos de alto riesgo de amenazas naturales en Centroamérica aumentan por las siguientes causas:

- Rápida urbanización y asentamientos humanos descontrolados
- Construcciones mal diseñadas
- Falta de infraestructura adecuada y pobreza
- Prácticas ambientales inapropiadas, como la deforestación y la degradación de los suelos.

### **3.5.2 Enfoque de gestión de riesgo**

Se trata de un proceso social complejo a través del cual se pretende lograr una reducción de los niveles de riesgo existentes en la sociedad y fomentar procesos de construcción de nuevas oportunidades de producción y asentamientos en el territorio. El aprovechamiento de los recursos naturales y del ambiente, en general, debe darse en condiciones de seguridad dentro de los límites posibles y aceptables para la sociedad en consideración. En consecuencia, significa un proceso de control sobre la conducción o persistencia de amenazas y vulnerabilidad

### **3.5.3 El proceso de desarrollo de una agenda política**

El proceso de definición y adopción de una agenda política que considere el favorecimiento de la protección ambiental y de la prevención de los desastres debe realizarse ordenadamente y por medio de una estrategia integral que permita su formulación, instrumentación y la evaluación de los resultados consiguientes (Prater, 1996).

Una política como esta debe definirse como una línea de acción continua, cuyo propósito fundamental es la de resolver o anticipar un problema en este caso el de la aceptación de la prevención como política de estado.

Prater (1996), señala que la agenda de acciones y medidas debe de considerar los elementos fundamentales en su proceso de establecimiento dentro de un sistema participativo y democrático. Deben definirse en primer lugar, quien o quienes la propondrán y sobre todo, aprovechar las “ventajas” de oportunidad que se presentan durante la fases inmediatamente posteriores a una emergencia, en las que existe una mayor sensibilización por parte de los tomadores de decisiones y el público en general. Una política de este tipo deberá de ser el producto de un trabajo concurrente por parte de múltiples protagonistas, con intereses y visiones diferentes (administradores,

posibles afectados, grupos de presión, sector privado, académicos, científicos). No obstante, debe tomarse en cuenta que de la misma manera y como se requiere de la colaboración de múltiples fuentes, se presentaran también intensos debates. El resultado esperado deberá de ser por tanto concertado y equilibrado para permitir alcanzar pronto un consenso. Deben de considerarse dentro de la estrategia, varios aspectos fundamentales y claves:

- Desarrollo de una legislación clara y consistente para la prevención, reducción y manejo de los desastres provocados por fenómenos naturales;
- Definición de objetivos y programas alcanzables y mensurables;
- Responsabilidades, atribuciones y autoridad de las instituciones públicas y de las organizaciones de la sociedad civil;
- Liderazgo institucional para la coordinación y ejecución de los programas de acciones ambientales;
- Participación de la sociedad civil y sus grupos organizados;
- Inserción de la cultura preventiva dentro de los procesos educativos formales e informales;
- Control y calidad de los procesos y productos del programa;
- Identificación de obstáculos y la estrategia para superarlos;
- Identificaciones de instrumentos para promover el plan de acción ambiental.

#### **3.5.4 Gestión Integral de riesgo a desastres naturales**

Cada país debería definir un plan de gestión integral del riesgo basado en algunos elementos básicos como valoración y disposición de los recursos para inversión preventivo, con especial énfasis en los principios, estrategias y procesos de ordenamiento territorial para reducir la vulnerabilidad incorporación de los factores de vulnerabilidad y riesgo en el ciclo de preparación y evaluación de proyecto y programas de desarrollo.

Evitar que los programas de rehabilitación y reconstrucción sean meramente una reconstrucción de la vulnerabilidad, establecimiento y fortalecimiento de los sistemas de

información, observación, pronóstico, investigación, vigilancia y alerta temprana desarrollada de una institucionalidad con la dotación de recursos apropiados para el manejo de las emergencias y desastres, diseño de mecanismos permanentes de articulación y cooperación con el sector privado, las organizaciones de las comunidades afectadas y las agencias especializadas de la comunidad internacional ejecución de programas permanentes de educación de la población (CEPAL-BID, 2000).

#### **3.5.4.1 Componentes y principios básicos para la gestión de riesgo**

Según Lavell (2000), citado por Gellert et al. (2003), existen componentes y principios básicos para la gestión de riesgo;

##### **Contenidos o componentes básicos**

- La toma de conciencia y la educación sobre el riesgo
- El análisis de los factores y las condiciones de riesgo existentes en el entorno bajo consideración, o que podrían existir con la promoción de nuevos esquemas y la construcción de escenarios de riesgo de manera continua y dinámica. Este proceso exige el acceso a información fidedigna, disponibles en formatos y a niveles territoriales adecuados a las posibilidades y recursos de los actores sociales involucrados.
- El análisis de los procesos causales del riesgo ya conocidos y la identificación de los actores sociales responsables o que contribuyen a la construcción del riesgo.
- La identificación de opciones de reducción del riesgo identificado, de los factores e intereses que obran en contra de la reducción, de los recursos posibles accesibles para la implementación de esquemas de reducción, y de otros factores o limitantes en cuanto a la implementación de soluciones.
- Un proceso de toma de decisiones sobre las soluciones más adecuadas en el contexto económico, social, cultural y político imperante, y la negociación de acuerdo con los actores involucrados.
- El monitoreo permanente del entorno y del comportamiento de los factores de riesgo.

### **Principios básicos de la gestión de riesgo**

Aun cuando cada contexto y caso de riesgo tenga sus propias especificaciones y principios básicos en cuanto a la búsqueda de soluciones, existen una serie de consideraciones que la experiencia ha enseñado son universalmente validas, a saber:

- El riesgo tiene su expresión más concreta en el ámbito local, incluso cuando sus causas pueden encontrarse en presencia generados a gran distancia de la escena del mismo; así, aunque el nivel local, municipal y comunitario se perfila como el más apropiado para iniciar un proceso de gestión, esta requiere ubicarse en su entorno regional, nacional o internacional y precisara de la negociación de acuerdo entre actores en esta escala.
- La gestión de riesgo no puede prescindir de la negociación activa y protagónica de los actores afectados y de una consideración de las visiones que estos actores tengan, el problema que enfrentan de su prioridad en su agenda cotidiana, y del contexto humano y económico que se dé.
  - La gestión requiere de la consolidación de la autonomía y poder local y de las organizaciones que representa a la población afectada por el riesgo.

Aun cuando el nivel local se perfila como el más apropiado para iniciar y concretar la gestión, este no puede prescindir de estructuras, normativas y sistemas interinstitucionales en el nivel nacional que avala, promueven y estimulan la gestión sin apropiarse del proceso. La descentralización y el fortalecimiento de las instancias locales es un corolario de este proceso.

#### **3.5.4.2 El análisis de riesgos como proceso participativo**

La gestión de riesgos consiste en una serie de actividades diseñadas para reducir las pérdidas de vidas humanas y la destrucción de propiedades e infraestructura. Los resultados de este proceso continuo de manejo o gestión de riesgo pueden ser dividido en:

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención),

eliminando sus causas como la intensidad de los fenómenos la exposición o el grado de vulnerabilidad.

- Medidas de preparación cuyo objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de gente y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuestas cuando está sucediendo o ha sucedido un desastre (manejo o gestión de desastres, recuperación, reconstrucción)

#### **3.5.4.3 Objetivos de la conformación de un proyecto de gestión de riesgo**

El objetivo de la gestión del riesgo debe de ir enfocado a la reducción de los impactos negativos, para alcanzar los objetivos se debe de sensibilizar, organizar y capacitar a la sociedad civil y a los actores locales. Para lograr sensibilizar a la población sobre la prevención de desastres se debe de insertar la temática en el plan de estudio de la educación formal (primaria, secundaria), en escuelas públicas y privadas, así como también mejorar la facilidad de acceso a este tipo de información.

Un aspecto muy importante es que se debe de vincular a las estructuras comunales en los procesos de gestión integral del riesgo; de esta manera se logra divulgar información de la temática, aunque no solo se debe de informar a la estructura funcional dentro del proceso de desarrollo del proyecto, sino también a todos los niveles de la población.

Los técnicos tienen que tener algunas habilidades para participar en la gestión integral de riesgo a nivel municipal:

- Conocer el territorio sus amenazas, puntos vulnerables y zonas de riesgos.
- Elementos esenciales para el desarrollo de la gestión (planificación, información y prevención)
- Habilidades en el manejo de emergencias y desastres.
- Habilidades de comunicación, manejo de información e instrumentos, concertación, poder de convocatoria.

Para poder poner la información al acceso de los pobladores y actores locales, se debe de crear un sistema de información sobre riesgos que cumpla con las siguientes condiciones:

- Institucionalizado
- Realista
- Que involucre lo técnico y lo social
- Sencillo y que recopile toda la información
- Orientado a distintos niveles
- Público y abierto

#### **3.5.4.4 Elementos para la gestión integral de riesgo**

Según el CEPAL-BID (2000), los Elementos para la gestión integral del riesgo son:

- Documentar la memoria histórica.
  - Permitir la orientación adecuada del proceso de planificación para el desarrollo sostenible del país, considerando la prevención como elemento indispensable.
  - Evitar cometer los mismos errores, no reconstruir la vulnerabilidad.
- Utilizar una tipología de desastre y sus consecuencias.
  - Aprovechamiento de la información aportada por las fotografías aéreas, imágenes de satélite, cartografías utilización de sistema de información geográfica. (SIG).
- Analizar los factores humanos que generan la vulnerabilidad e influyen en la magnitud de los desastres.
  - Estudios de la influencia de los factores económicos y actividad productiva de la dinámica social que genera y propagan la vulnerabilidad.
  - Crecimiento demográfico, expansión caótica del urbanismo, infraestructuras, actividades productivas de bienes y servicios.
  - Situación social cultural, estructural del liderazgo y organización.
  - la pobreza como causa y efecto de los desastres.
- Política de ordenamiento territorial.
  - Adecuación de la legislación y las herramientas de control.

- Disponer de planes de emergencias, estabilización y corrección.
- Incorporación de los factores de vulnerabilidad y riesgo en el ciclo de preparación de proyectos y programas.
  - Sistema tecnificados de vigilancia, alerta, alarma, evacuación.
  - Establecimiento de escenario y procesos.

#### **3.5.4.5 Identificación de la necesidad de un análisis de riesgos**

Según COSUDE (2002b), desde el momento en que un municipio decide realizar planes de desarrollo o programas de ordenamiento territorial, esta obligado a conocer las condiciones de riesgo asociados a fenómenos- amenazas-naturales que, en suma, puede ser un elemento crucial para definir o reorientar sus propuestas. Aun cuando no se guarde memoria de eventos catastróficos en el pasado, nunca se descarta su eventual ocurrencia en el futuro.

Es importante la participación de profesionales y técnicos de las municipalidades para que adquieran experiencia y darle seguimiento a las recomendaciones hechas por los profesionales y técnicos externos. Queda siempre abierta la alternativa de obtener el apoyo de la cooperación internacional de las ONGs y del sector privado.

Una vez identificada la necesidad de hacer el estudio, es necesario contratar un equipo competente para realizar este y la propuesta del Plan Municipal de Reducción de Desastres, para lo cual el municipio puede suscribir un contrato de consultoría de servicios profesionales que debe de contemplar un mínimo de exigencias y otorgar un margen de seguridad y maniobra suficientes como para garantizar un producto útil, confiable y sobre todo, realista.

Con el fin de asegurar la calidad de los productos, la elaboración del contrato de servicios debe de ser cuidadosa y considerar en los términos de referencia, entre otros lo siguiente:

- Definir el área geográfica para la realización de los trabajos.



- Definir el nivel de evaluación deseado (diagnostico preliminar o evaluación de semi-detalle).
- Definir claramente los productos esperados.
- Los productos deben definir claramente la procedencia de datos e informaciones (mapas topográficos, referencias bibliográficas, estadísticas) esto para evitar problemas de propiedad intelectual. de ser necesario se deben solicitar las autorizaciones de uso las entidades pertinentes.
- Definir forma de entrega del informe, de tal manera que la información se presente en formato que sea compatible con los programas y equipos con los que cuenta municipalidad.
- Definir plazo para la ejecución del diagnostico y/o la evaluación de semi-detalle.
- Definir programa de trabajo conjunto, condiciones de participación del personal del municipio, visitas de campo, reuniones de concertación.
- Cláusula por derecho a revisión del trabajo a cargo de una persona, institución especializada u instancia.

#### **3.5.4.6 Partes principales de un análisis de riesgo**

Según COSUDE (2002a), las partes principales de un análisis de riesgo se dividen de la siguiente manera:

- a. **Evaluación de amenazas:*** ser realiza a través de inventarios de fenómenos de forma participativa con las municipalidades, los líderes comunales y la población; observaciones y mediciones de campo, análisis y revisión de información científica disponible (mapas, fotos aéreas, informes. etc.), con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área específica. dando como resultado la elaboración de un mapa de amenazas, el cual representa un elemento clave para la planificación del uso del territorio y constituye un insumo imprescindible para la evaluación de los riesgos actuales y potenciales.
- b. **Evaluación de la vulnerabilidad:*** es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición a daños y pérdidas, ante una amenaza específica. consiste en la evaluación de los elementos vulnerables y la

estimación del porcentaje de pérdidas resultante de un fenómeno peligroso.

- c. **Evaluación de riesgo:** un análisis de riesgo consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles. evaluar el riesgo es relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento.

#### **3.5.4.7 Consideraciones sobre riesgos naturales y planificación (COSUDE, 2000b)**

Los municipios comprenden un espacio territorial, una población y un marco legal-institucional. El territorio comprende recursos que son el soporte de la actividad económica, pero también incluye procesos naturales potencialmente catastróficos que amenazan la seguridad de las vidas, inversiones y el medio ambiente.

Por lo general, se entiende que el desarrollo de un municipio responde al uso racional de sus recursos, para beneficios de sus pobladores y dentro del marco jurídico vigente, algo que debe de agregar a este marco general es el concepto de seguridad.

Sin seguridad física, cualquier recurso natural o humano, cualquier planificación es muy relativa o esta condenada a perderse o a deteriorarse.

En términos económico, el riesgo asociado a fenómenos naturales es un factor que debe ser evaluado e incluidos en los cálculos y criterios de planificación, su análisis y mitigación no deben ser tomados como un gasto sino como una inversión.

La prevención de desastres es un factor de desarrollo y seguridad; es una forma de medir y mejorar el bienestar, por cuanto la seguridad permite un mejor desenvolvimiento de las actividades humanas y garantiza su continuidad y progreso, por esto la seguridad es un elemento que toma cada vez más fuerza dentro de los criterios de evaluación del nivel de desarrollo de los pueblos

La planificación que incluye el factor riesgo natural se da en varios niveles: existe una planificación de origen centralizado, que corresponde al ámbito nacional, donde se

definen especializaciones productivas, estrategias de compensación, priorización de inversiones e incluso criterios geopolíticos

Existe una planificación regional que puede darse a escala de departamentos, regiones autónomas, cuencas, etc. donde el condicionante geográfico o las interdependencias obligan a definir criterios concertados para distribuir mejor los recursos o tomar medidas compartidas.

Es importante tener en cuenta que los límites y territorios municipales y departamentales no siempre responden a una lógica espacial o a un orden o una unidad geográfica determinada, muchas veces se han establecido de manera arbitraria o por necesidades de diversa índole. Por tanto no todas las fuentes potenciales de desastres se ubican necesariamente dentro de la jurisdicción territorial de un municipio o departamento hay fenómenos y procesos que se generan fuera de él, pero sus efectos se dan dentro del mismo o pueden abarcar varios municipios o departamentos. Los casos de las inundaciones son los más representativos de este tipo de problemas: se generan en la parte alta de una cuenca y sus peores efectos se dan en la parte media y baja de la cuenca.

En el caso de los deslizamientos estos pueden generar avenidas torrenciales con capacidad de desplazarse a grandes distancias. La prevención y planificación que incluya el factor riesgo debe tomar en cuenta el concepto de peligro transferido.

Cuando se encuentra el problema de peligros transferido, la evaluación de las amenazas debe, necesariamente, rebasar el ámbito territorial de un municipio. En este caso se requiere la asociación de los municipios implicados para encomendar un estudio conjunto y planificar la aplicación de las propuestas compartidas.

### **3.5.5 Aspectos que inciden en la vulnerabilidad de amenazas naturales**

Prater (1996), señala algunos aspectos que inciden en la vulnerabilidad de amenazas

naturales y plantea a si mismo las debilidades de los sectores políticos y sociales, para evidenciar la dirección de los cambios y acciones en vías de disminuir estos problemas:

- **Aspectos culturales**

Es indudable que las pérdidas de los desastres ocurren cuando se produce una interacción perniciosa entre los fenómenos naturales y las condiciones sociales, culturales, económicos y ambientales de la población y a veces es difícil establecer cual de los factores es el preponderante. La falta de programas de desarrollo a nivel local, y proyectos como ordenamiento territorial, educación ambiental etc., se complican al considerar las dificultades adicionales que generan algunas facetas socioculturales adversas, como la desinformación, niveles bajos de educación y a veces incluso la aceptación del riesgo a causa de la ausencia de opciones o por una percepción equivocada de la situación.

- **Aspectos sociales**

De acuerdo con la construcción sociopolítica de la realidad es posible observar que la sociedad toma conciencia de la existencia de un problema, aunque a veces no lo asume, por lo que rehúsa a enfrentársele. Esta aparente contradicción constituye una paradoja en el sentido de que el problema no existiría para la sociedad hasta que se acepte la necesidad de generar las acciones para resolver mientras no se establezcan los conceptos claros acerca del significado del deterioro ambiental o de un desastre y sus consecuencias, será imposible alcanzar una solución. Para evitar este problema se debe comenzar por la toma de conciencia de los tomadores de decisiones políticas, para esto hay que vincular directamente el problema ambiental y los desastres en la agenda política, haciéndose parte esencial del proceso de resolución de problemas. La visión fundamental debe de orientarse en todo caso, hacia la reducción del riesgo no de los desastres.

- **Aspectos políticos**

Las condiciones ideales para alcanzar el éxito podrían establecerse por medio de la adopción y aplicación de normas y legislaciones que respalden el control y

reforzamiento de los principios de la prevención y protección ambiental. Esto involucra inevitablemente, la adquisición de un grado de conciencia, responsabilidad y compromiso por parte del legislador. Queda en realidad un gran camino por recorrer para establecer una relación y comunicación eficiente entre las comunidades técnico-científicas y políticas. Para efectos de alcanzar un desarrollo armónico y equilibrado es necesario definir una política preventiva racional fundamentada en las acciones ambientales y reducción de la vulnerabilidad a través de:

- Ordenamiento territorial
- Mejorar la calidad de los diagnósticos
- Mejorar el diseño y la valoración social, económica y ambiental de las obras, bienes y servicios
- Desarrollar una cultura preventiva, comenzando por los cambios de actitud y comportamiento en todos los niveles de la sociedad

Deben vencerse por otro lado, los paradigmas y obstáculos que impiden la visión prospectiva y futurista y que en muchas circunstancias son el producto de factores como:

- Incapacidad, ineficiencia insuficiencia de profesionalismo.
- Dificultades organizacionales colectivas.
- Diferendos en las visiones políticas, económicas y sociales.
- Cultura del "corto plazo" y "falta de financiamiento"
- Ausencia de participación ciudadana.
- Crecimiento demográfico acelerado.

### **3.5.5.1 Estrategias para reducir la Vulnerabilidad**

Un estilo de desarrollo que profundiza la inequidad social, aumentando las condiciones de pobreza de la población que habita en condiciones de riesgos y que al mismo tiempo promueve el uso no sostenible del medio ambiente y los recursos naturales, también aumenta la vulnerabilidad del territorio y la sociedad.

La reducción de la vulnerabilidad con visión estratégica no es más que la promoción del desarrollo humano sostenible (Gellert, 2003).

Los esfuerzos para reducir con visión estratégica la vulnerabilidad del país deben concentrarse o enfocarse en 2 grandes áreas:

- El desarrollo humano integral y la reducción de la pobreza urbana y rural permitiendo el acceso de los más pobres a las oportunidades para incrementar su bienestar y su calidad de vida.
- El fortalecimiento de la gestión ambiental en el ámbito nacional y local en todo el territorio, con énfasis en la protección y manejo de cuencas hidrográficas frágiles y en la gestión adecuada de los recursos naturales más importante: la vegetación, las aguas y los suelos.

### **3.5.5.2 Tipos de prevención en el ámbito municipal, acciones y medidas para la reducción de la vulnerabilidad.**

Según COSUDE (2002b), los desastres son el resultado de procesos que se desarrollan en tiempos y espacios definidos, son la materialización de los riesgos. El manejo de estos implica la intervención de diferentes instancias institucionales, tanto públicas como privadas en las tres fases principales que comprende el ciclo de los desastres: prevención (antes), atención (durante) y reconstrucción–recuperación (después)

Las medidas de prevención incluyen la realización de estudios y análisis para identificar, evaluar y cuantificar el nivel de amenazas, vulnerabilidad y riesgo, así como las acciones para mitigar (reducir) los efectos de los peligros observados. Los estudios de análisis de identificación y evaluación de amenazas y vulnerabilidades están englobados en el denominado *análisis de riesgos*. El análisis de riesgo tiene como objetivo servir como base para la elaboración de los planes de reducción de desastres, y más allá de los planes de desarrollo municipal.

La realidad de América Central muestra que la acción institucional se concentra sobre todo en la atención y en la reconstrucción-recuperación.

La prevención que debería tener mayor peso, pues es una fase fundamental para reducir el impacto de un desastre, es la menos desarrollada. Los municipios juegan un papel fundamental en la prevención y gestión de riesgos, tanto en su territorio como a escala de cuenca y de región, en coordinación con los demás municipios que la conformen, lo cual es reconocido por las leyes vigentes de Nicaragua.

### **Prevención pasiva**

La prevención se refiere al conjunto de acciones educativas, de elaboración y cumplimientos de reglamento o disposiciones legales, de controles y actos similares que buscan prevenir o sensibilizar para evitar o reducir el efecto de un desastre y actúa en dos vías.

- La primera tiene por objetivo reducir la vulnerabilidad en donde juega un rol básicamente reglamentario, de formación de conciencia de riesgo y los desastres.
- En la segunda vía el papel de la prevención pasiva es de preparación y organización de la sociedad civil para enfrentar el desastre. es también el campo donde un municipio o cualquier institución puede hacer más con mínimos recursos. esto se debe a que un gobierno municipal tiene potestad para realizar este tipo de prevención utilizando acciones e instrumentos.

### **3.5.5.3 Acciones para la reducción de la vulnerabilidad**

- Plan estratégico de desarrollo municipal.
- Plan de ordenamiento territorial (zonificación y reglamentación del uso del suelo, zonificación ecológica-económica)
- Plan de mitigación
- Reglamentos de construcción
- Otorgamiento condicionado de licencias de construcción o de habilitación urbana.
- Sistema de monitoreo para zonas crítica
- Coordinaciones interinstitucionales

- Señalizaciones de las zonas de riesgo
- Programas de educación preventiva (spots publicitarios, afiches, cartillas técnicas e instructivas, etc.).

#### **3.5.5.4 Acciones para la preparación y la atención**

- Programas para la preparación en casos de emergencia (simulacros, cartillas de instrucciones, entrenamiento de líderes, organización de grupos, etc.).
- Planes de emergencia o de contingencia
- Planes de evacuación o de reubicación de zonas críticas

#### **Prevención activa**

Se refiere a las obras y acciones destinadas a atacar directamente la fuente potencial de desastres, es decir la amenaza. Este tipo de prevención requiere una base técnica, para lo cual es necesario una evaluación precisa de la fuente de amenaza, un buen conocimiento de su naturaleza y de su evolución temporal, y nivel de peligrosidad que permita recomendar la obra, acción o medida más adecuada.

Por ningún motivo debe olvidarse que estamos en países pobres, donde los municipios cuentan con escasos recursos financieros y tienen otras prioridades, lo cual no debe significar que se abandone la prevención o se elijan alternativas irreales o poco eficaces.

Hay que buscar un punto de equilibrio coherente, que combine una propuesta viable, el interés popular y la participación popular, con el fin de sensibilizar a la población frente al riesgo y lograr que se identifique con la acción emprendida o la obra ejecutada.

#### **3.5.5.5 Niveles principales de construcción de la reducción de la vulnerabilidad**

##### **Nivel individual- familiar**

Se refiere a la educación y preparación necesaria de la familia, para incrementar sus capacidades y fortalezas para reconocer entender y reducir su vulnerabilidad tomando



en cuenta la ubicación de cada hogar en el entorno socioeconómico y ambiental (Gellert, 2003).

### **Nivel local**

Se refiere al nivel comunitario y municipal que promueve capacidad mayor de preparación y respuesta pero que también debe propiciar una transformación de las prácticas productivas y de las formas de uso no sostenible del suelo. (Gellert, 2000). Requiere de un avance en el proceso de descentralización, el fortalecimiento de la participación ciudadana en la gestión del desarrollo municipal la desconcentración de funciones responsabilidades y recursos.

### **Nivel sectorial**

Referido al ámbito de los diferentes sectores en los que se divide tradicionalmente la actividad productiva y la administración pública. Implica la incorporación del análisis de riesgo en todas las inversiones de los diferentes sectores y especialmente en el sector agrario.

### **Nivel nacional**

Referido a la cuestión de la concertación de políticas públicas apropiadas para reducir las causas de la vulnerabilidad, creando un sistema nacional efectivo de prevención pero también promoviendo una estrategia nacional de desarrollo sostenible conservada y negociada entre la mayor parte de actores y grupos de interés.

#### **3.5.5.6 Obras y medidas preventivas para la reducción de desastres.**

De acuerdo con COSUDE- ALARN (2002b) las obras o medidas preventivas pueden orientarse hacia tres ejes o principios de acción.

- Eliminar o disminuir la fuente de amenaza atacando directamente el fenómeno potencialmente desastroso mediante obras de estabilización o de tratamiento.
- Reducir sus efectos destructivos en la zona de impacto: actuando tanto sobre el

fenómeno (obras de tratamiento parcial) como sobre los elementos vulnerables (obras de reforzamiento o de defensa)

- *Alejar la fuente de amenaza:* mediante reubicaciones, desviaciones de cauces, etc.

### **3.5.5.7 Sobre la participación ciudadana.**

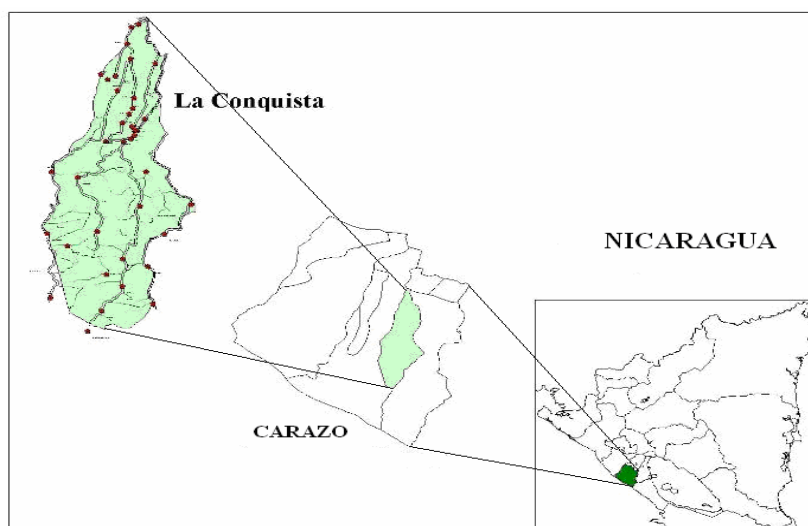
Este método de concertación tiene varias ventajas, pero también, inconvenientes.

En los temas de los riesgos, la participación de la población es esencial, incluso obligatoria, a fin de cuentas, es la población el sujeto de acción y de aplicación de las medidas preventivas y serán los actores de la gestión durante y después del desastre (COSUDE-ALARN, 2002b).

## VI MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Localización:

- Posición geográfica: El Municipio de la Conquista esta ubicado entre las coordenadas 11°44' latitud Norte y 86°11' de longitud Este.
- Limites: Al Norte y al Este con los Municipios de Santa Teresa y Jinotepe; al Sur con el Municipio de Santa Teresa y Jnotepe; al Este el municipio de Santa Teresa y al Oeste el municipio de Jinotepe
- Extensión territorial: 91 km<sup>2</sup>.
- Altura sobre el nivel del mar: 180mts.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del municipio La Conquista, Carazo.

### 4.2 Características biofísicas

El municipio de La Conquista se caracteriza por presentar una estación seca (de Noviembre a Abril), y otra lluviosa (de Mayo a Octubre), en donde ocurren precipitaciones que oscilan entre los 1200 y 1400mm, con una temperatura que varía entre 23° y 24 °C.

Este municipio se caracteriza por poseer paisajes colinados y escarpados, alcanzando pendientes en algunos sitios mayores de 45 % (terrenos muy accidentados), el tipo de vegetación que se encuentran en estos paisajes pertenecen a las formaciones vegetales zonales del trópico como son:

- a. Bosques bajos o medianos caducifolios de zonas cálidas y secas
- b. Bosques medianos o bajos subcaducifolios de zonas calidas y semihúmedas
- c. Bosque mediano o altos perennifolios de zonas muy frescas y

En La Conquista esta última zona se encuentra en las partes altas de los bosques ubicados en los cerros en las alturas entre los 300 msnm y los 422msnm en el Cerro Los Placeres ubicado en la parte media de cuenca y sureste del Municipio.

El municipio cuenta con 2 tipos de bosque: Formaciones Vegetales Zonales (formaciones forestales), que se han formado como resultado de las condiciones climáticas imperantes en la zona y Formaciones Vegetales Azonales, cuyo surgimiento no corresponde al clima imperante en la zona, como es el caso de los bosques de galería o vegetación ribereña, cuya composición florística y expresión de crecimiento en altura no corresponde a la vegetación forestal zonal.

La vía de acceso al Municipio la conforma una carretera asfaltada la cual termina en el centro del poblado, los caminos de penetración a las comarcas son de tierras sin balastre. Se carece de terminal de buses solo existen cinco unidades que realizan el recorrido La Conquista a Jinotepe y viceversa. Se autorizo el funcionamiento de una cooperativa de taxis, que circulan desde el municipio de Santa Teresa vía La Conquista a las comunidades de El Paso, La Solera, San Jorge, Buena Vista, La Mohosa y El Gigante. El resto de comunidades no tienen servicio de transporte debido al mal estado de los caminos.

#### **4.2.1 Suelos**

De acuerdo a Barrera y Amador (2006), los suelos del municipio La Conquista están

divididos en 4 series de suelos: serie San Rafael, Serie Buena Vista, Serie Santa Teresa y Serie Diriamba; y cinco tipos de tierras misceláneas: Tierras Coluviales (TC), tierras escarpadas (Q), Suelos Aluviales (TX); Cárcavas (CV) y Suelos Vérticos (VC).

#### **4.2.2 Geología**

Según la OPS (1998), la geología controla los aspectos genéricos del relieve y la topografía de un área, lo cual permite estimar su susceptibilidad al movimiento en general, los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas.

Dentro del territorio del municipio La Conquista se encuentran tres tipos de formaciones geológicas, las cuales se describen a continuación:

##### ***Formación Brito***

Debe su nombre a Villard C. W. (Hayes, 1899; citado por MIFIC, 2006) quien al estudiar los fósiles encontrados en la sección Cabo Brito, la asignó al Eoceno. Es una de las formaciones sedimentarias más extensas del lado occidental de Nicaragua, extendiéndose desde el poblado de Villa El Carmen hasta internarse en la república de Costa Rica; su extensión entre estos extremos en el país es de 137 km de longitud, y al Suroeste-Noreste su extensión es de 36.5 km entre Nandaime y el Río Escalante en Chacocente.

Esta formación tiene una espesura máxima de 2570 m. Es una de las formaciones más extensas del occidente de Nicaragua. La columna litológica estratificada (empezando por la parte superior), esta compuesta aproximadamente por 420 m de arenisca calcáreas capas delgadas de calizas, margas, areniscas tobaceas y depósitos de tobas y aglomerados (Fenzl 1988).

220 m areniscas tobaceas con capas delgadas de pelitas calcáreas.

550 m gravas con lentes de calcarenitas, tobas y margas.

300 m areniscas arcillosas y calcáreas, grauvacas, areniscas conglomeríticas.  
600 m grauvacas intercaladas con pelitas, lentas de areniscas conglomeríticas.  
120 m pelitas con capas delgadas de grauvacas.  
360 m tobas fosilíferas, lentes de calizas, margas y grauvacas y arenas calcáreas

### ***Formación Las Sierras***

Según Kuang (1971), citado por Fenzl (1988), el grupo Las Sierras tienen una espesura aproximada 680 m, el grupo aflora en varias áreas de la depresión Nicaragüense, formando la meseta de Carazo y subyace generalmente a los depósitos aluviales y volcánicos recientes de la región central de la depresión Nicaragüense.

Estratigráficamente el grupo Las Sierras es de edad más reciente y se encuentra superpuesto a la formación El Salto.

Esta formación está constituida por materiales piroclásticos gruesos en partes meteorizado y con cierta compactación de lapilli, pómez, tobas líticas blancas y tobas aglomeráticas. La granulometría del grupo varía desde el limo hasta conglomerados y los acuíferos están formados por las capas de sedimentos con una composición entre arena fina y gruesa.

La parte basal del grupo Las Sierras está sedimentado por aglomerados con pómez, intercalados con sedimentos de El Salto hasta 60 m de espesura sobre yacente, aglomerados tobáceos, capas delgadas de arenisca (50 m) y tobas intercalada con aglomerados contenidos en bombas volcánicas (40 m). Sobre este basamento yacen depósitos volcánicos pseudo estratificados de espesura aproximadamente de 500 m, compuesto por gruesas capas de tobas de coloración clara, en partes rosadas con intercalaciones de lapilli, escoria de granos finos y gruesos, sueltos que se destacan por su coloración negruzca

### ***Formación Rocas Intrusivas***

Litológicamente las rocas intrusivas son impermeables porque la mineralización lenta

impidió la formación de poros, sin embargo, durante la consolidación de las masas rocosas, se abrieron muchas grietas, fracturas y fisuras (Norbertt, 1989).

Las rocas marinas sedimentarias del pre-plioceno y el grupo tamarindo, están intuidas por rocas ígneas básicas intermedias, de textura relativamente fina. Estos diques y pequeños filones aparecen esparcidos por toda la provincia costanera del pacífico (Catastro, 1971a)

En el municipio La Conquista es conspicua la presencia de cuerpos intrusivos del Terciario, de composición intermedia (dioritas), emplazados en una orientación preferencial NE y están cortando a las unidades de rocas sedimentarias de la Formación Brito al sur del municipio, caracterizados por los cerros Los Placeres, El Tambor, La Pitilla, entre otros.

#### **4.2.3 Tipos de rocas encontradas en el Municipio La Conquista**

##### **Rocas Ígneas**

Son las que se han formado por el enfriamiento de las masas fundidas del material llamado Magma después de haber sido arrojado a la superficie de la corteza terrestre o atrapado en ella en cierta profundidad (Hodgson 1983).

Las Rocas Ígneas se clasifican en:

##### **Rocas Ígneas Intrusivas**

Son rocas compuestas por minerales cristalinos de grano- grueso a medio, generalmente son masivas y de textura fanerítica y de coloración variable (Hodgson 1983).

Estas rocas pueden ser: ácidas, intermedias, y básicas este tipo de rocas se encuentran comúnmente en diques. Mantos tabulares y batolitos.

Las rocas ígneas encontradas en el municipio La Conquista, son principalmente *granitos*. Es una roca ígnea intrusiva ácida, de grano medio a grueso uniforme que

puede diferenciarse a simple vista (Hodgson 1983).

Las características generales de las rocas graníticas se pueden enumerar de la siguiente manera:

- Están compuestas por cuarzo y feldespato.
- Su coloración es blanca y rosada debido a la abundancia de cuarzo y feldespato alcalinos.
- Contiene numerosos minerales accesorios, apatitos, zircón, magnetita, turmalina.

También en el municipio se encontraron rocas de tipo Granodiorita. Es semejante al granito con la diferencia que hay mayor cantidad de plagioclasa alcalino y menos ortoclasa contiene menos cuarzo y la biótica generalmente cloritizada (granodiorita de Nicaragua), presentando en la roca manchones de color verdoso a estilo xenolita (Hodgson, 1983).

Sus principales características son:

- Roca clara (rosada) ácida.
- Granos finos a medio pero es homogéneo.
- Presenta inclusiones de otras rocas.

#### **4.2.4 Características socioeconómicas**

- *Actividades económicas:* Compra y venta de ganado es una actividad de comercio en el Municipio comercialización de granos básicos como son: Frijol, Arroz, Trigo, Maíz y Yuca.
- *Perspectivas económicas:* Dentro del Municipio existen estudios y planes de desarrollo y proyectos.

Estudios Agro Socio- Económicos con enfoques de sistemas, el cual esta siendo impulsado por la Universidad Centro Americana, organismos con presencias en el Municipio con la asociación Tierra y Vida.

Estudios sobre temas ambientales impulsados por el Plan Ambiental Nicaragüense.

Estudios sobre cuencas hidrográficas del Municipio el cual es impulsado por los Centros



de Estudios de Secundaria del Departamento de Carazo.

### **4.3 Metodología del estudio**

Para la realización del presente estudio se desarrollaron diferentes fases las cuales abarcan Actividades de campo y de gabinete, se describen a continuación.

#### **1) Fase de pre - campo**

Esta primera fase consistió básicamente en la organización del estudio se desarrollaron las siguientes actividades:

- Se planificaron las acciones que se ejecutarán en el estudio.
- Se realizó una gira de campo para el reconocimiento del lugar y la verificación de los sitios.
- Se recopiló y analizó toda la información bibliográfica relacionada al tema del estudio.
- Se preparó todo el material cartográfico existente del área de influencia, provenientes de estudios anteriores y la información general del Municipio:

#### **2) Fase de campo**

La fase de campo se llevo a cabo durante los meses de Septiembre y Noviembre de 2006, donde se realizaron todas las actividades relacionadas con el levantamiento de la información de campo, que consistió básicamente en el análisis *in situ* de la situación de amenaza relativa ante deslizamientos de tierra, en los sitios que presentan condiciones favorables a la ocurrencia de deslizamientos de tierra, así como en lugares donde anteriormente habían ocurrido ciertas actividades con el fin de verificar el estado de estos, y de esta manera analizar el peligro potencial que representa para los pobladores aledaños del municipio de la Conquista.

Actividades que se realizaron en las diferentes giras de campo, en los puntos establecidos con anticipación:

- a) Reconocimiento de suelos presentes en el lugar por medio de calicatas en los suelos representativos, lo cual permitió observar cambios en la composición estructural de

éstos en relación a lo reportado por estudios de suelos anteriores.

b) Obtener información reciente del estado del recurso suelo y del uso que se les está dando actualmente.

Se realizaron recorridos de campo en el Cerro Los Placeres (cerro de naturaleza inestable y propensa a presentar movimientos de tierra y sus alrededores para comprobar la existencia de huellas de deslizamientos activos.

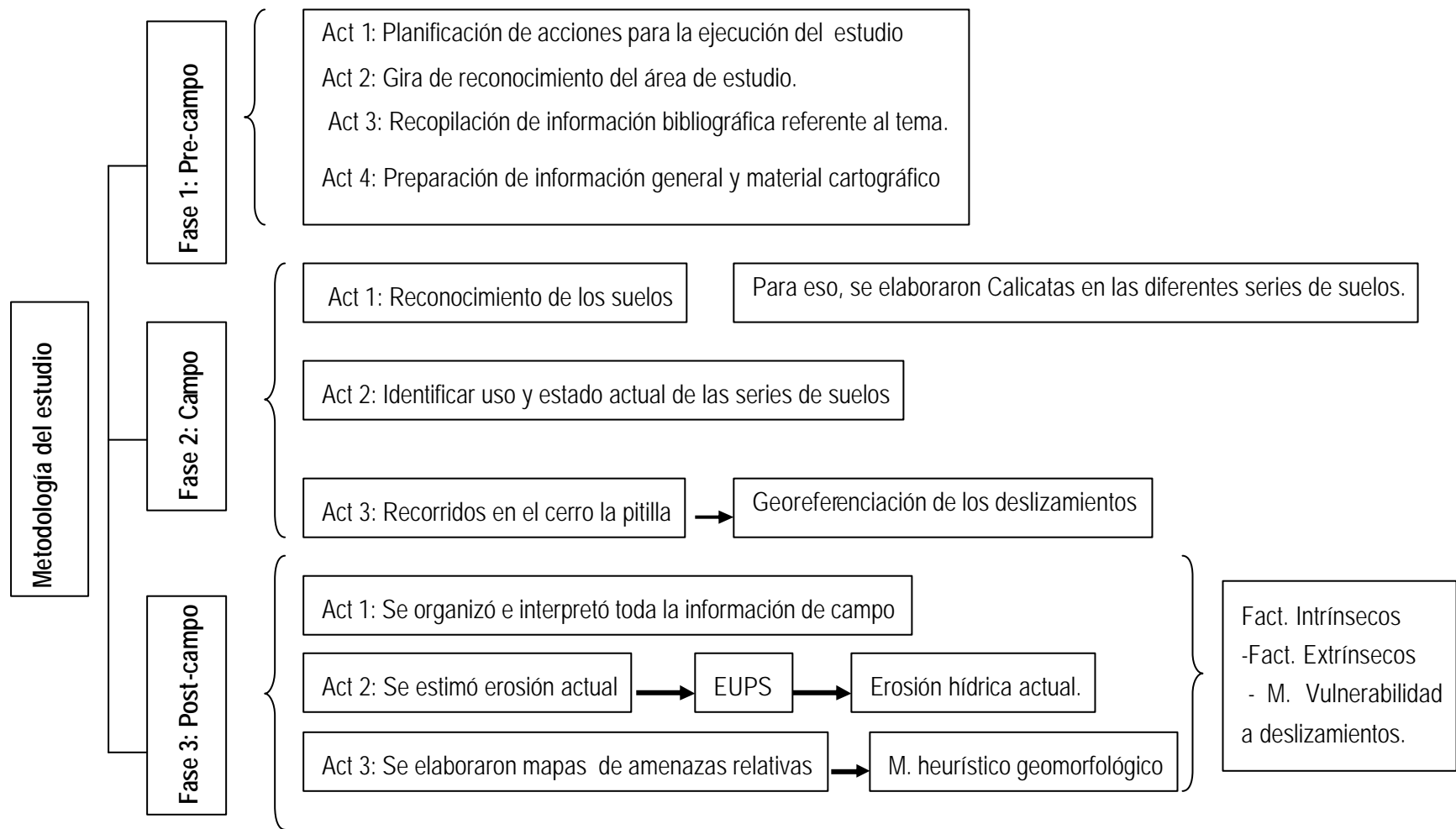
Se encontraron siete huellas de deslizamientos los cuales fueron georeferenciados para tener la ubicación exacta de estos lugares, al parecer estos estuvieron influenciados por el huracán Mitch. Estos no provocaron pérdidas de vidas humanas ni de infraestructura pues no hay infraestructuras cercas. Algunos de estos están activos a juzgar por el arqueo de los árboles.

### **3) Fase de post - campo**

En esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- a) Organizar e interpretar la información obtenida de las observaciones y análisis espacial del lugar.
- b) Estimar la erosión actual del municipio por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).
- c) elaborar mapas indicativos de amenazas a deslizamientos de tierra mediante la utilización del programa Arc View 3.1.

Para realizar el análisis y procesamiento de los datos se utilizó el *Método Heurístico Geomorfológico*, que implica el modelamiento en sistemas de Información geográficos (SIG), de esta forma se obtuvo el mapa de factores intrínsecos y el mapa de factores extrínsecos; y de la superposición de ambos mapas se obtuvo el mapa de vulnerabilidad relativa a deslizamientos de tierra (Figura 2)



**Figura 2.** Fases metodológicas del estudio y sus respectivas actividades

## **4.4 Evaluación de amenaza de ocurrencia de deslizamientos**

### **4.4.1 Metodología temática: Método Heurístico Geomorfológico**

El modelo metodológico utilizado para obtener el mapa de riesgo de ocurrencia de deslizamientos de tierra se basó en la utilización del Método Heurístico Geomorfológico, que según Ruiz y Molina (2001), consiste en la realización de un análisis espacial de coberturas temáticas en un Sistema de Información Geográfica.

Por medio del SIG es posible obtener la zonificación de amenazas para una condición particular y modelar diferentes escenarios por medio del análisis y modelamiento de los parámetros involucrados, de tal manera que se pueda llegar a predecir los cambios en la zonificación de amenazas con la variación de uno o varios de los parámetros incluidos (Cheng *et al*, 1992; citado por Ruiz y Molina, 2001).

El procedimiento para la obtención del mapa de amenazas relativa de ocurrencia de deslizamiento está dividido en dos partes, la primera encaminada a obtener el mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos a la generación de deslizamientos de tierra, en donde se involucra información geológica, de pendiente y 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 y la erosión.

Mediante la superposición de estos dos mapas se obtienen el producto final que es el mapa de amenazas relativas por fenómenos de deslizamientos de tierra, en donde la susceptibilidad a la generación de fenómenos de remoción en masa se clasificó en cinco niveles utilizando la información contenida en el cuadro 2.

Además mediante el uso del cuadro se pudieron calificar cada una de las unidades litológicas afectadas por fracturamiento, las diferentes categorías de pendientes que se presentan en el municipio y los diferentes grados de densidad de drenaje obtenidos en

mapas intermedios.

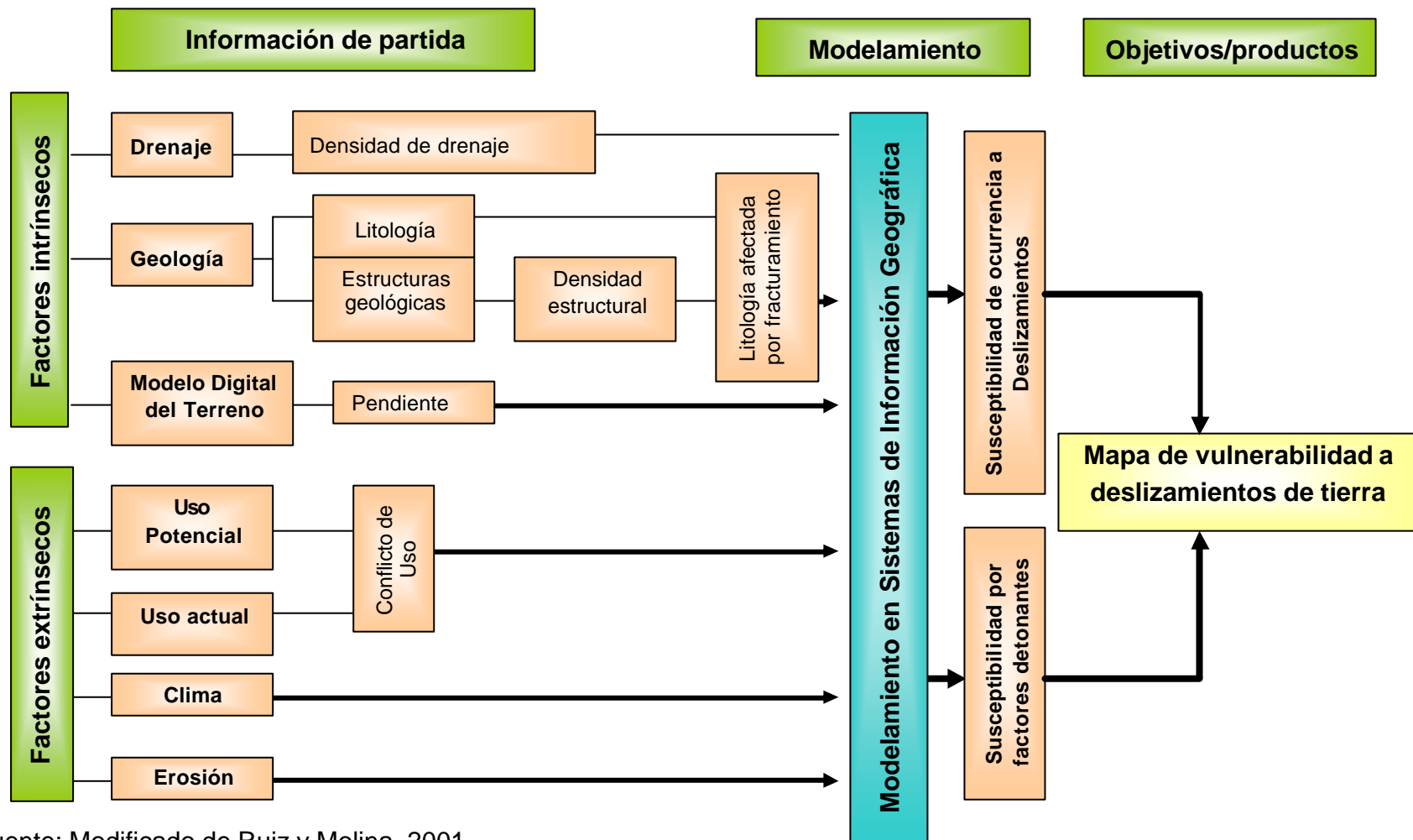
**Cuadro 1.** Definición de los niveles de susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

<b>Niveles de susceptibilidad</b>	<b>Clasificación</b>
Muy bajo	1
Bajo	2
Moderado	3
Alto	4
Muy alto	5

Fuente: Ruiz y Molina, 2001

#### **4.4.2 Modelo conceptual y diseño en sistemas de información geográfica**

Para obtener el mapa de amenaza relativa a deslizamientos de tierras se procedió a establecer el diseño o modelo conceptual mediante el cual fue procesada la información en SIG. En el modelo se incluyeron todos los procedimientos que abarcan operaciones y tratamiento de datos en Arc View 3.1, mediante el cual fueron procesadas y calificadas cada una de las coberturas hasta generar los mapas de **susceptibilidad y amenaza** por fenómenos de deslizamientos y finalmente obtener el mapa de **amenaza relativa** (Figura 3). Entre las extensiones de Arc View 3.1 utilizadas se encuentran Spatial Analyst, Image Analyst, 3D Analyst, RUSLE, Basin.



Fuente: Modificado de Ruiz y Molina, 2001.

**Figura 3.** Modelo conceptual para la predicción de deslizamientos de tierra en el municipio de la Conquista, Carazo.

#### **4.4.2.1 Factores intrínsecos**

La susceptibilidad por factores intrínsecos a la generación de fenómenos de remoción de masa está determinada por algunas condiciones del suelo como su composición, estructura y forma del terreno. El mapa se obtiene mediante la superposición de los mapas de litología afectada por fracturamiento, densidad de drenaje y el mapa de pendiente.

##### **Densidad de drenaje**

La red de drenaje se obtiene de la digitalización de las corrientes temporales y permanentes del mapa topográfico a escala 1:50,000 de INETER (1989), y del análisis de imagen de satélite Landsat 2002 (Acuña, 2006).

Esto es posible mediante el uso de sistemas de información geográfica. El mapa de densidad de drenaje se generó con la división del área del municipio en micro-cuencas para proceder al cálculo de la densidad de drenaje en cada una de estas unidades a través de la fórmula:

$$\mathbf{Dd = Lc/A.}$$

Donde:

Dd: Densidad drenaje de la micro-cuenca.

Lc: Longitud total de todas las corrientes de la micro-cuenca.

A: Área total de la cuenca.

La susceptibilidad a deslizamiento es inversamente proporcional a la densidad de drenaje es decir; a mayor densidad de drenaje en una microcuenca menor susceptibilidad a los deslizamientos mientras que a una menor densidad de drenaje por micro-cuenca corresponde una mayor susceptibilidad a los deslizamientos (Acuña, 2006).

**Cuadro 2.** Clasificación de susceptibilidad a deslizamientos por la densidad de drenaje.

<b>Niveles de Susceptibilidad</b>	<b>Intervalo m/Km<sup>2</sup></b>	<b>Clasificación</b>
Muy Bajo	0-0.00009	5
Bajo	0.0001-2249	4
Moderado	2250-3439	3
Alto	3440-4864	2
Muy Alto	> 4865	1

Fuente: Ruiz y Molina, 2001

### **Unidades litológicas**

La litología superficial de la microcuenca se obtuvo de los mapas geológicos Nacionales de CATASTRO (1971a). Las unidades litológicas son clasificadas de acuerdo a las características físicas de las formaciones geológicas, principalmente su permeabilidad de manera que la unidad litológica que presenta mayor inestabilidad será la más susceptible a ocasionar deslizamientos y viceversa.

**Cuadro 3.** Formaciones geológicas predominantes en el municipio de la Conquista y su aporte a la ocurrencia de deslizamientos de tierra.

<b>Formación geológica</b>	<b>Características</b>	<b>Susceptibilidad a deslizamientos</b>
Las Sierras	La parte correspondiente a este municipio esta compuesta principalmente de toba andesítica-dacítica , toba aglomerática y toba lítica, muy permeables, originado suelos de moderada a altas permeabilidades a diferentes porcentajes de pendiente (Parte norte del municipio)	Baja
Brito	Esta formada principalmente por rocas sedimentarias tales como areniscas, aglomerados tobáceos, calizas y margas, es la formación mas grande que cubre e el municipio (Parte media)	Moderada
Rocas Intrusivas	Consiste principalmente de granitos y granodioritas; impermeables la parte meteorizada forma suelos superficiales de grano grueso en las laderas y profundos en la parte estable (Parte sur)	Muy alta

Fuente: Modificado de CATASTRO, 1971a.



### **Unidades litológicas afectadas por fracturamiento**

Este mapa se obtuvo mediante la superposición del mapa de densidad de estructuras o fallas y el mapa de unidades litológicas, este fue calificado de acuerdo a la influencia de fallas por unidades litológicas, con sus niveles de susceptibilidad a deslizamientos, de manera que los valores mas altos corresponden a la litología mas inestables y con mayor densidad de estructuras o fallas, obteniéndose un mapa con cinco niveles de susceptibilidad a generar deslizamientos de tierra

### **Densidad estructural**

El mapa de densidad estructural del municipio de la Conquista se genero a partir de los mapas geológicos Nacionales de CATASTRO (1971a). Se consideraron las unidades geológicas, y mediante el cálculo de la densidad de estructuras en cada una de las unidades, se obtuvo el mapa de densidad estructural, esto se hizo mediante la siguiente fórmula:

$$De = Le/A.$$

Donde:

De = Densidad estructural de la unidad o microcuenca.

Le = Longitud total de las estructuras o fallas que se encuentran dentro de la unidad o microcuenca.

A = Área total de la unidad o microcuenca.

Esto permitió obtener un mapa con tres niveles de susceptibilidad de ocurrencia a deslizamientos por densidad de estructuras en donde la unidad con mayor densidad de estructuras es la de mayor susceptibilidad.

### **Pendientes del terreno**

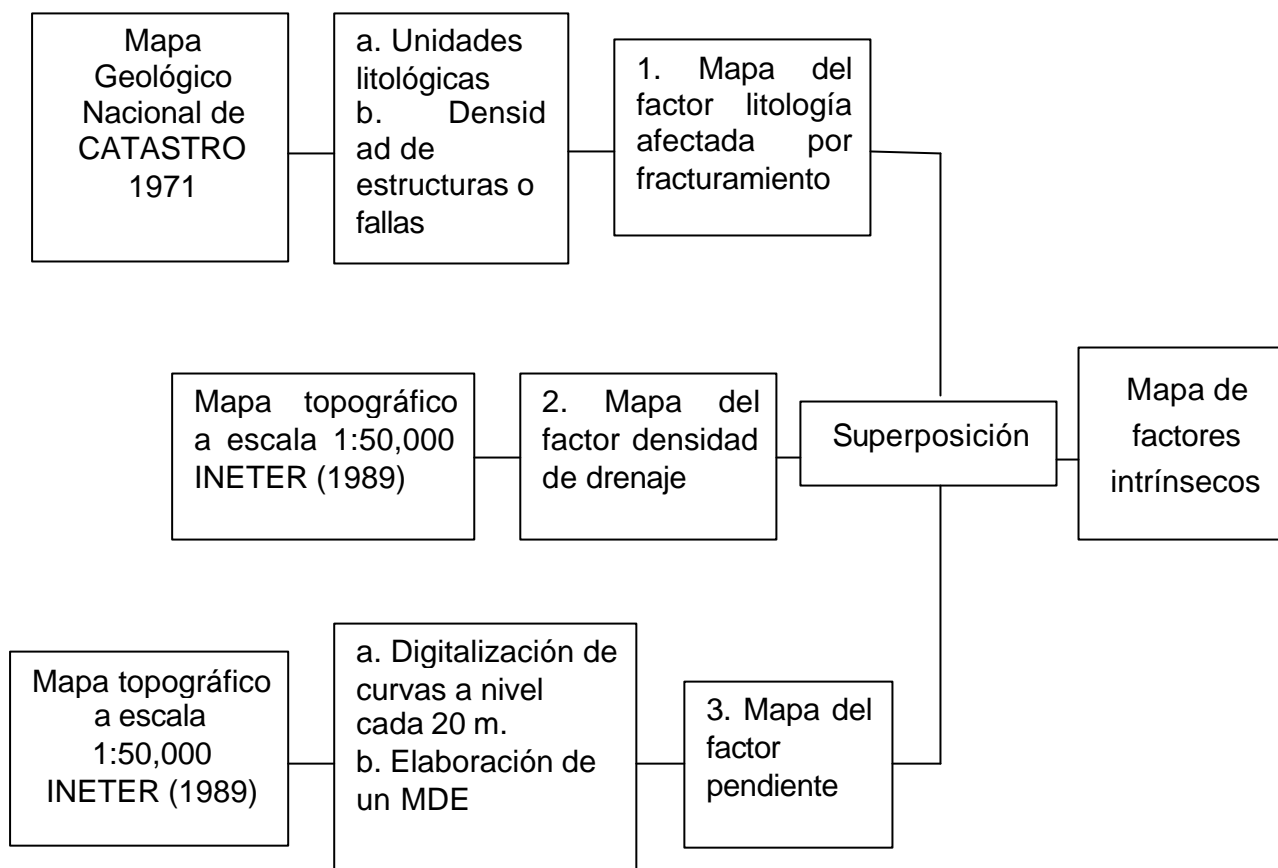
El mapa del factor pendiente se elaboro a partir del modelo digital del terreno (MDT) con la digitalización de curvas a nivel con espaciamiento cada 20 metros, esto mediante el uso del mapa topográfico a escala 1:50,000 de INETER. Luego se obtuvo el mapa y se calificaron las categorías de pendiente de acuerdo al nivel de susceptibilidad usando la

tabla que se describe a continuación.

**Cuadro 4.** Intervalos de pendientes, formas del terreno y susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

<b>Simbología</b>	<b>Intervalo (%)</b>	<b>Forma del terreno</b>	<b>Nivel de susceptibilidad</b>	<b>Calificación</b>
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: modificado de CATASTRO, 1971a



**Figura 4.** Procedimientos para la obtención del mapa de factores intrínsecos

#### 4.4.2.2 Factores extrínsecos

Los factores detonantes pueden considerarse como factores externos que actúan sobre la ladera provocando o desencadenando su inestabilidad al modificar las condiciones preexistentes. El relieve es muy importante, pues por lo general solo es necesario una ligera pendiente y la activación de uno o más factores detonantes para que se produzca un deslizamiento de tierra. Este mapa se obtuvo mediante la superposición de los mapas de conflicto de uso del suelo, erosión y clima.

#### Erosión actual (EUPS)

Para calcular la pérdida de suelo existen diferentes métodos. Para la realización de este estudio se decidió aplicar el método de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

(EUPS) de Wischmeier y Smith (1978). Este método no tiene la precisión de otros, pero es el que mejor se adapta cuando se trabaja a nivel de cuencas de acuerdo a los análisis que se efectúan a nivel de la escala de estudio utilizada y fundamentalmente porque recoge y presenta los principales parámetros físicos causantes de la erosión hídrica con menor complejidad en su aplicación (Mendoza y Gutiérrez, 2002).

La EUPS, está compuesta por la multiplicación de 6 factores que representan la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie y unidad de tiempo (A), y está expresada en la siguiente fórmula:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

**A** = Cantidad de suelo perdido, ton/ha/año

**R** = Factor de Erosividad de la lluvia y escurrimiento más el riego, en Mj/ha/año (Megajulios/hectárea/año)

**K** = Factor de Erodabilidad del suelo, en ton/ha

**L** = Factor longitud de la pendiente (adimensional)

**S** = Grado de la pendiente (adimensional)

**C** = Factor de cobertura del suelo (adimensional)

**P** = Prácticas de conservación realizadas por el hombre (adimensional)

Es preciso mencionar que en este trabajo no se hizo uso del factor “**P**” por no encontrarse en el área del municipio ningún sistema de conservación de suelo, esto verificado mediante observaciones y datos recolectados directamente de la zona de estudio. Por lo que a este factor se le dio un valor de uno.

Según Wischmeier y Smith (1978), el valor de pérdida de suelo (A) obtenido y expresado en ton/ha/año en el sistema internacional, es un indicador ambiental de extrema utilidad, ya que permite comparar diferentes zonas y realizar estudios temporales dentro de una zona determinada, y además, predecir y conocer la evolución del fenómeno de la erosión hídrica.

Para el cálculo de pérdida de suelo se requiere de dos tipos de información que

dependen de su evolución en el tiempo: La información sin variación (estática) que corresponde al relieve del terreno (*LS*) y la que describe las características de los suelos (*K*), ya que sus dinámicas temporales son lo suficientemente lentas como para experimentar cambios considerables en períodos más o menos cortos de tiempo. La información meteorológica (*R*) y la de usos y coberturas vegetales del suelo (*C*), son consideradas dinámica en el tiempo, especialmente la primera, que presenta cambios temporales y espaciales muy frecuentes.

La metodología empleada para la estimación de pérdida de suelo fue la utilizada por Mendoza y Gutiérrez (2002).

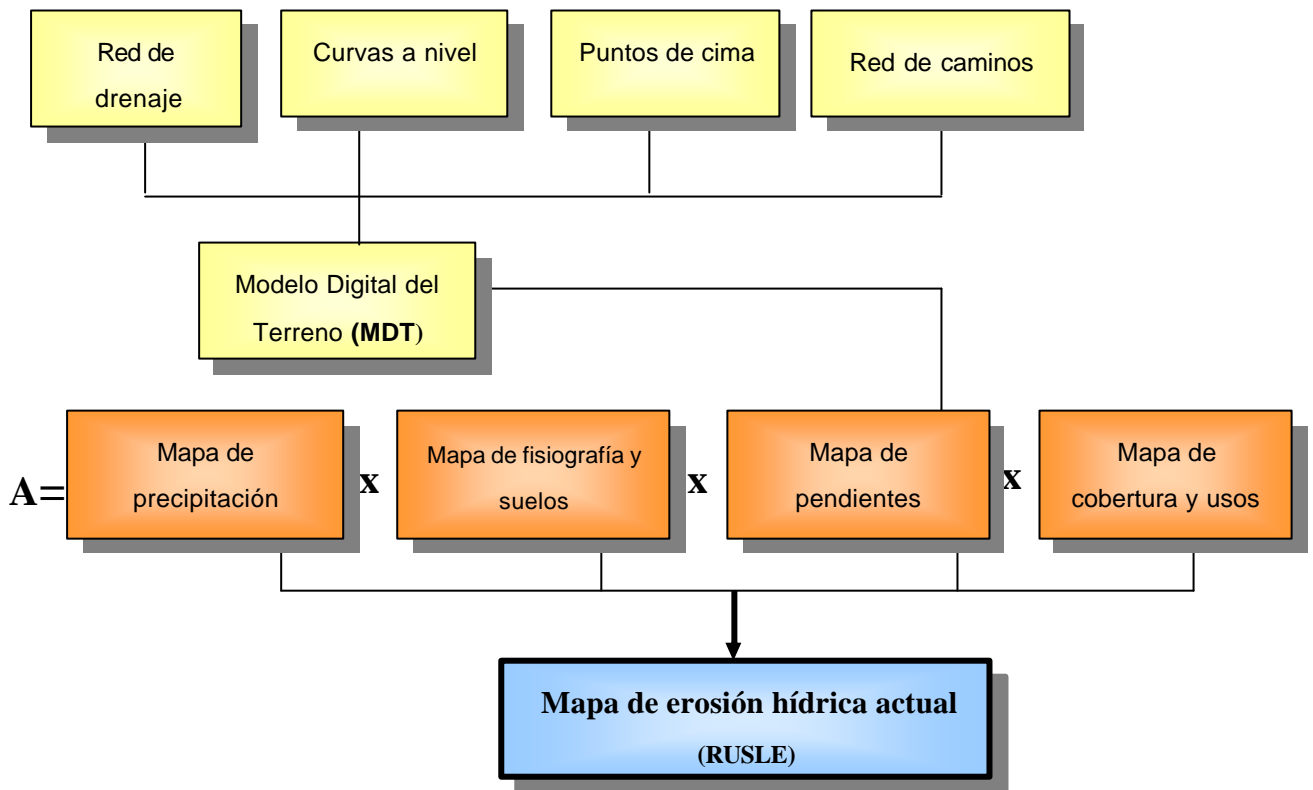
**Cuadro 5** Asignación de valores al factor C (EUPS), en función del tipo de cobertura existente en el municipio de La Conquista .

<b>Tipos de uso del terreno</b>	<b>Rango de valores de C</b>
Bosque de galería, bosque latifoliado cerrado	0.00
Pasto mejorado	0.07
Árboles dispersos + pasto	0.08
Pasto matorraloso, pasto con árboles dispersos, barbecho	0.09
Pasto + cultivo	0.10
Cultivo + pastos	0.20
Bosque latifoliado abierto, bosque secundario bajo	0.34
Cultivo	0.50
La Conquista (centro poblado)	1.00

### **Modelo conceptual del mapa de erosión y diseño en sistemas de información geográfica**

Una vez que conseguimos analizar y entender el concepto de erosión actual se procedió a elaborar un modelo conceptual para obtener el mapa de erosión, que incluye los factores: precipitación, fisiográfica, topografía, cobertura y uso de suelos. El

modelamiento de estos factores se utilizó para la determinación y predicción del fenómeno de erosión hídrica actual en el municipio, asignándole las entidades y respectivos atributos. El modelo conceptual y procedimientos utilizados para obtener el mapa de erosión se muestra a continuación en la figura 5.



Fuente: Mendoza y Gutiérrez, 2002.

**Figura 5.** Modelo conceptual para la predicción de la erosión hídrica actual del municipio de La Conquista, Carazo

El mapa del factor erosión se generó mediante el uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) de Wischmeier y Smith (1978). El grado de erosión es considerado un factor detonante o contribuyente en la ocurrencia de fenómenos de deslizamientos. Los valores de erosión se calificaron de forma inversa al grado de erosión existente, asignándose un valor de 5 a las áreas que presentan un nivel muy

bajo de erosión y 1 a las que presentan un nivel muy alto de erosión.

**Cuadro 6.** Clasificación de los niveles de erosión.

<b>Clases de erosión</b>	<b>Ton/ha año</b>	<b>Valor asignado</b>
Sin Erosión	0-4	5
Erosión ligera	4-10	4
Erosión moderada	10-50	3
Erosión severa	50-200	2
Erosión muy severa	> 200	1

Fuente: modificado de la FAO, 1980.

### **Usos de suelo**

El mapa de conflicto de usos de suelo es elaborado a partir de la superposición del mapa del uso actual del suelo y uso potencial, como resultado se obtiene conocimiento cuantificado del territorio de la forma que esta siendo utilizado, así sabremos que uso debiera de prevalecer con respecto al potencial de utilización de la tierra. Esto se logra mediante técnicas y análisis integrados en SIG.

A continuación se muestra el Cuadro 7 con los niveles de susceptibilidad que presentan los diferentes conflictos de usos de tierra.

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

<b>Nivel de susceptibilidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Susceptibilidad a deslizamientos</b>
Muy Bajo	Cuando el uso actual va de acuerdo 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 esta cultivando tierras cuyo potencial no es agrícola (por ejemplo Clase VI) y que mas bien lo que debería de tener la tierra es 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: modificado de Pérez y Rojas, 2005

Así observamos que entre mayor es el conflicto de uso de la tierra, mayor será la susceptibilidad que se presenten fenómenos de deslizamientos de tierra, estos conflictos muestran el nivel de intervención del hombre sobre el paisaje natural y como este mal utiliza las diferentes capacidades de usos de suelo, por lo que se describe como efecto detonante de tipo antrópico.

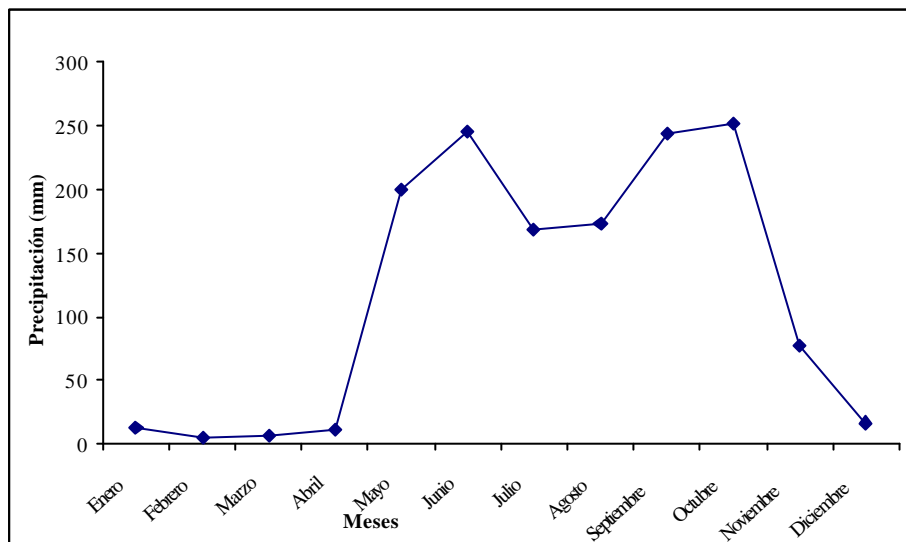
### **Clima**

El mapa de clima fue calificado de acuerdo al nivel de amenaza por inestabilidad, considerándose al clima seco con el nivel de amenaza más bajo, por cuanto se presenta menor precipitación y al clima húmedo como el nivel de amenaza más alto. La susceptibilidad del suelo a sufrir deslizamientos se debe a que cuando ocurren precipitaciones extraordinarias puede ocurrir una saturación del suelo lo que causa cierta inestabilidad en el terreno volviéndolo potencialmente propenso a que se manifieste un movimiento de tierra dependiendo de la conjugación de otros factores.

Se obtuvieron datos de la estación meteorológica de Campos Azules la cual registro

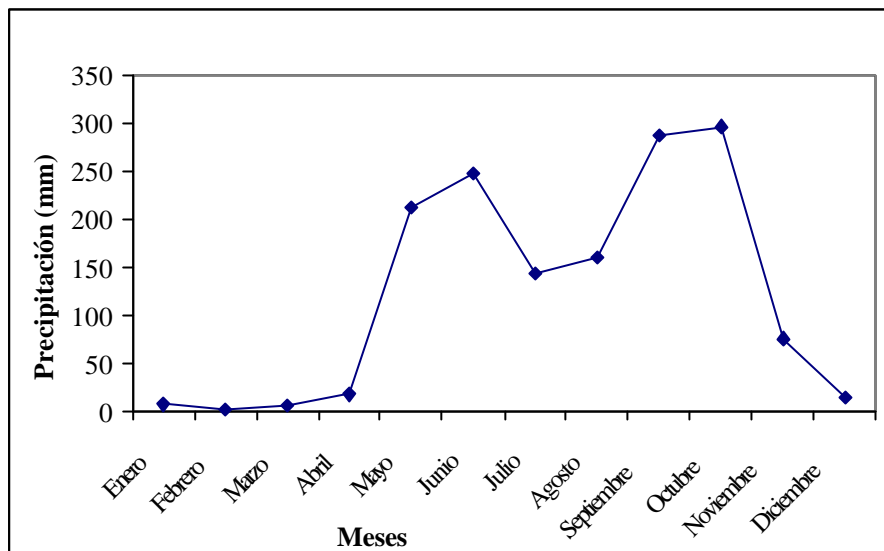


una precipitación promedio de 1350 mm/año basado en un periodo de 30 años por lo que el grado de amenaza se ha considerado de moderado para este promedio, también se obtuvieron datos meteorológicos de la estación de Nandaime la cual registro una precipitación promedio de 1410 mm/año basado en un periodo de 30 años, para este promedio se considero el grado de amenaza alto. Pueden ocurrir precipitaciones extraordinarias de hasta 70mm/30 minutos en los meses de septiembre y octubre lo que predispone al suelo a una probable saturación y considerando los posibles efectos de los demás factores detonantes se calificaron las áreas con los valores de moderado y alto.



**Figura 6.** Precipitación promedio de la Estación: Campos Azules (Masatepe) 30 años de registro.

(Más del 60 % de las lluvias ocurren en los meses de septiembre y octubre)

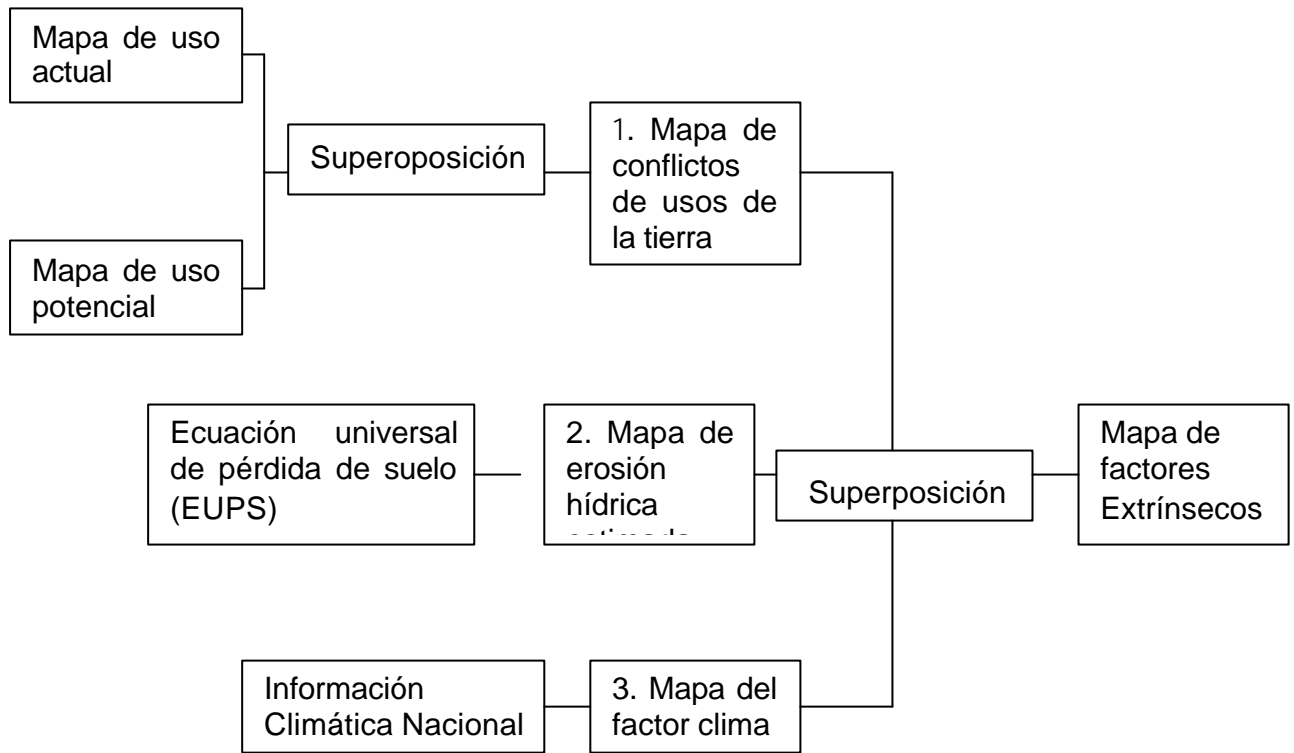


**Figura 7.** Precipitación promedio de la Estación: Nandaime 30 años de registro.  
(Más del 60 % de las lluvias ocurren en los meses de septiembre y octubre)

**Cuadro 8.** Intervalos de la precipitación media nacional y su aporte como factor incidente a los deslizamientos de tierra.

Intervalos de precipitación (mm/anual)	Susceptibilidad a deslizamientos	Nivel de susceptibilidad
< 800	1	Muy Bajo
800-1000	2	Bajo
1000-1200	3	Moderado
1200-1400	4	Alto
>1400	5	Muy Alto

*Fuente: Ponce, 2008 (trabajo de tesis, sin publicar)*



**Figura 8.** Procedimientos para la obtención del mapa de factores extrínsecos

#### **4.5 Materiales Utilizados**

Para llevar a cabo la etapa de campo del presente estudio se utilizaron algunos equipos como: navegadores de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), hojas topográficas del municipio (2950-I y 2951-II) y herramientas (palas, macanas, barra, etc.)

Además de equipos de campo, se utilizaron programas y extensiones para realizar modelamientos digitales y coberturas temáticas de los distintos factores.

Programas y extensiones utilizados:

- Arc View 3.1
- Extensions de Arc View 3.1: Spatial Analyst, Image Analyst, 3D Analyst, RUSLE, Basin.

## V RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Análisis de los factores intrínsecos

Se utilizaron cinco niveles de susceptibilidad que van de muy bajos a muy altos, en el cuadro 9 se observa que el nivel de muy baja y baja cubren el 28.38 % y el 23.74 % respectivamente, correspondiente al 52.12 % del área total, se trata de áreas de poca pendiente, presentan en su mayor parte alta densidad de drenaje y su litología es menos fracturada. En sí, son las áreas que presentan menos presión a la ocurrencia de deslizamientos de tierra desde el punto de vista de los factores intrínsecos.

**Cuadro 9.** Niveles de vulnerabilidad potencial por factores intrínsecos

Niveles de vulnerabilidad	Área Km2	Área en %	Clasificación
Muy baja	25.40	28.38	1
Baja	21.25	23.74	2
Moderada	30.85	34.46	3
Alta	8.84	9.98	4
Muy alta	3.08	3.44	5

El nivel de moderada susceptibilidad a deslizamientos abarca un área del 34 %, representa las zonas del municipio en donde la influencia de los factores extrínsecos son considerados moderados, estos factores son los que están unidos a la naturaleza, composición y formas del terreno como son; la litología superficial la cual presenta cierta inestabilidad por presentar alteraciones y fracturas superficiales, influencia ejercida por la longitud de fallas existentes por los choques de las placas Cocos y Caribe, coincidiendo con áreas donde se presentan pendientes del 15 % o mayores, densidad de drenaje es baja lo cual indica que la mayor parte de las aguas se infiltran pudiendo crear inestabilidad en laderas con pendientes arriba del 15 %.

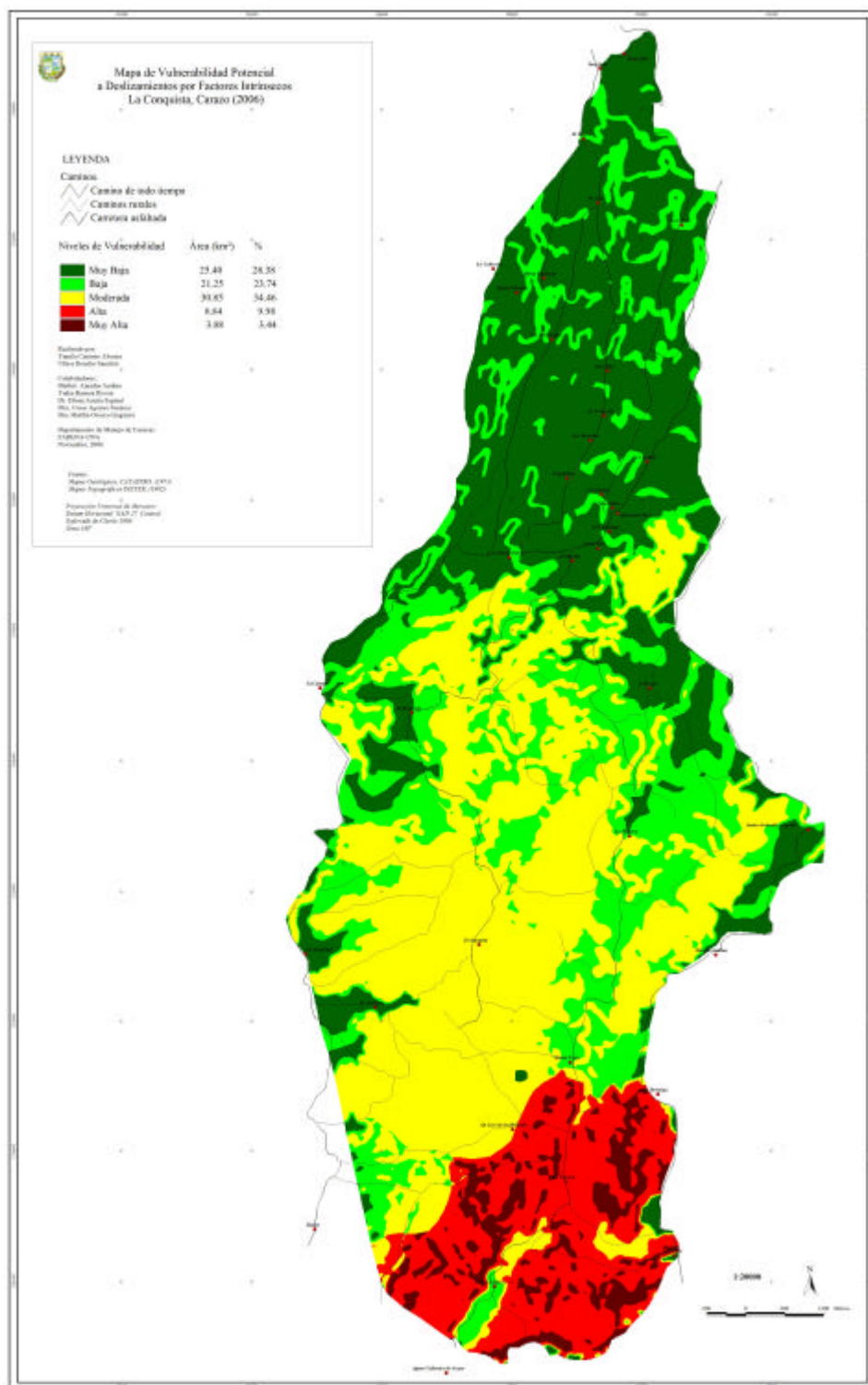
Estas condiciones hacen que estas áreas sean susceptibles si se activase un factor detonante. En estas zonas se encuentran los siguientes sitios de moderada susceptibilidad: Cerró el Tambor, Los Charcones, El Raizudo, El Naranja. Así también como los cerros El Pedernal, La Palmera, El Cargadero, Mata de Piñuela, El Quebrachal, Monte Oscuro.

Los niveles de alta y muy alta vulnerabilidad corresponden con el 9.98 % y el 3.44 % respectivamente; ambas cubren el 13.42 % del área total del municipio, son las zonas en donde los factores condicionantes ejercen mayor presión.

La densidad de fractura presente en estas áreas puede influir en la generación de fenómenos de deslizamientos debido a que estos son suelos de litología inestable característicamente arenosos y sueltos, frágiles desde el punto de vista geológico. Estas áreas corresponden a zonas con pendientes de 30 % a 45 % de inclinación, alta densidad de drenaje, alta densidad de estructuras y rocas impermeables. Son las zonas más susceptibles a sufrir deslizamientos de tierra en cuanto a la incidencia de los factores intrínsecos.

En estas áreas se ubican casas humildes construidas al pie o a la mitad de las laderas lo cual incrementa la vulnerabilidad al poder desencadenarse algún evento extraordinario. En estas zonas de susceptibilidad se encuentran algunas comunidades como son Los Gómez, Las Lajitas y El Jabillo.

Todas estas condiciones conjugadas definen a estas zonas como la más vulnerable a sufrir deslizamientos de tierra (figura 9).



**Figura 9.** Mapa de vulnerabilidad a deslizamientos de tierra por factores intrínsecos.

### 5.1.1 Análisis del factor densidad de drenaje

La clasificación de susceptibilidad de las microcuencas con menor puntuación representan las zonas con menos peligro a sufrir deslizamientos de tierra con respecto a la densidad de drenaje que estos poseen. De esta manera se observa en el cuadro 10 que existen solamente dos microcuencas que representan el nivel de moderada densidad de drenaje Conquista-Recogedero y El Guabillo, las que se encuentran entre el intervalo de 2250-3439 m/ Km<sup>2</sup> por lo que obtienen su clasificación de 3, estas dos microcuencas son las que presentan mayor densidad de drenaje con respecto a las demás.

La densidad de drenaje que presenta el municipio de La Conquista por microcuencas se muestra a continuación (Cuadro 10).

**Cuadro 10** Densidad de drenaje por microcuencas

Microcuencas	Área Km <sup>2</sup>	D.D	Susceptibilidad
Acayo	13.99	2287.85	4
Guabillo	2.08	2344.33	3
Tecomapita	14.30	1763.97	4
El Naranjo	4.03	2045.11	4
Ochomogo	7.07	1376.83	4
La Flor	3.85	1472.32	4
Gigante-Cascalajoche	28.16	1829.16	4
Conquista-Recogedero	16.04	2443.86	3

En el cuadro 10 se observa que las microcuencas El Guabillo y La Conquista-Recogedero poseen la mayor densidad de drenaje por lo que se asume que son las microcuencas que tienen menos susceptibilidad a que en ellas se presente un deslizamientos de tierra, pues la susceptibilidad es inversamente proporcional a la densidad de drenaje, es decir a mayor densidad menor susceptibilidad a sufrir deslizamientos. Aunque la presión por la densidad de drenaje también puede cambiar de acuerdo a las intensidades de las precipitaciones y su duración; es el caso de estas microcuencas en las que la mayor parte de las aguas se escurre, lo que indica que son poco permeables y se favorece el escurrimiento. La pendiente también es un factor



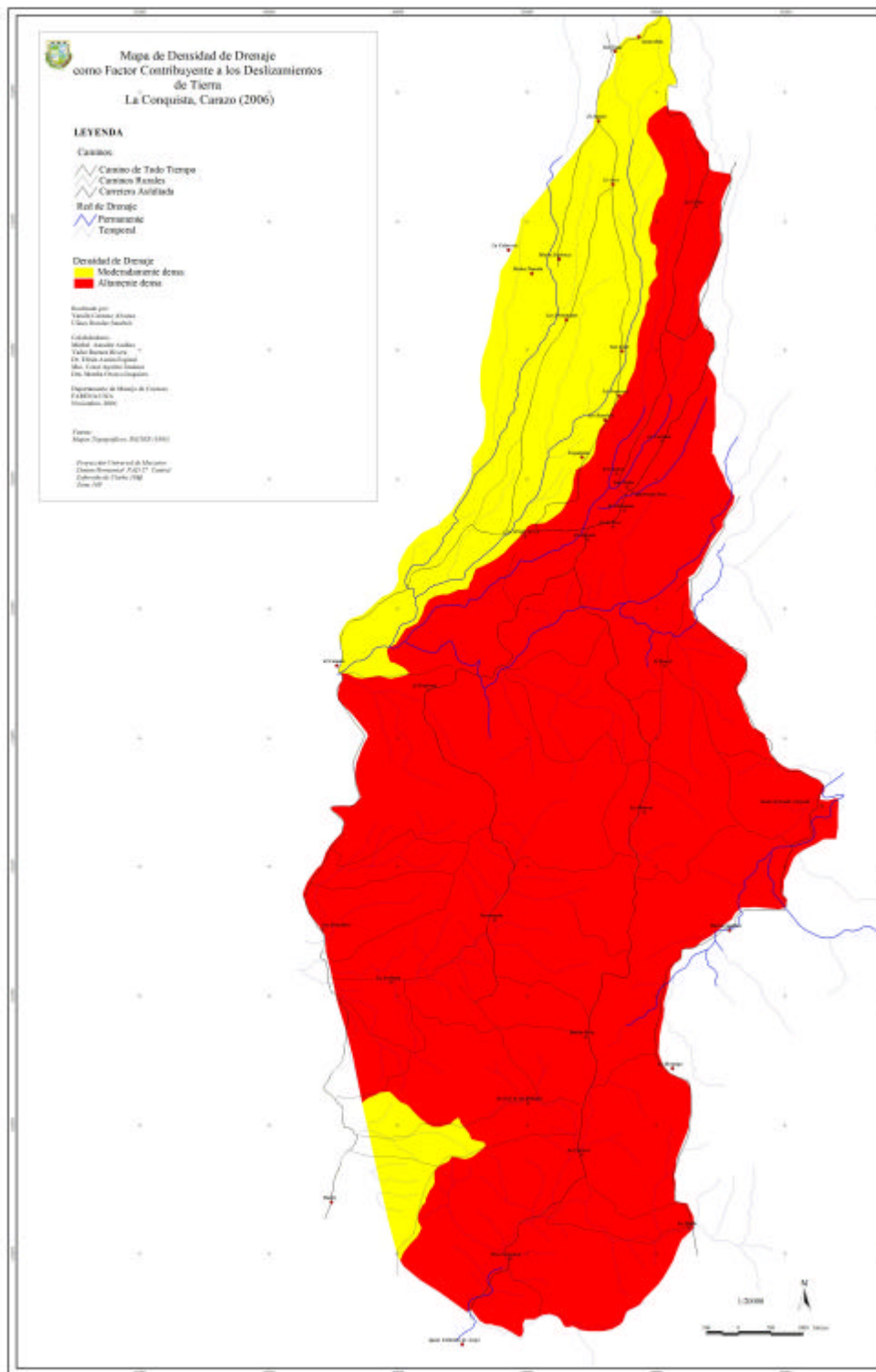
importante que influye en la facilidad con que las aguas drenan. Por ser suelos poco permeables (arcillosos), la duración de la lluvia es más determinante que la intensidad; en estos suelos de baja permeabilidad el aumento de la intensidad de la lluvia puede no tener influencia importante en el tiempo de respuesta a producir deslizamientos.

La mayor área del municipio (71.4 Km<sup>2</sup> aproximadamente) que abarca las microcuencas Acayo, Tecomapita, El Naranjo, Ochomogo, La Flor y el Gigante-Cascalajoche, representan las áreas en donde la densidad de drenaje es baja; esto nos indica que estos suelos tienen mejor infiltración (más permeables). Esto vuelve potencialmente vulnerable a estas microcuencas pues el agua crea desestabilización en el terreno estos suelos permeables tienen un tiempo de respuesta mayor a deslizarse que los suelos de baja permeabilidad para intensidades de lluvia no muy alta y prolongadas.

La permeabilidad del suelo es muy importante puesto que esta incide directamente en las condiciones de un buen drenaje, así también, la pendiente del terreno es importante pues entre mas pronunciada sea la pendiente el agua escurrirá mas rápido.

La respuesta hidrogeológica rápida o inmediata es muy común en suelos residuales de rocas ígneas y metamórficas con perfiles de meteorización poco profundos.

La figura 10 muestra dos niveles de susceptibilidad que indica la existencia de zonas de moderada susceptibilidad a los deslizamientos (gris claro), y otras zonas de alta susceptibilidad (gris muy oscuro) (nota; se ha usado escala de grises tal como lo manda el reglamento de culminación de estudios).



**Figura 10.** Mapa de densidad de drenaje y su aporte a los deslizamientos de tierra.

### 5.1.2 Análisis del factor unidades litológicas afectado por fracturamiento

Los tipos de roca y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con la que la superficie se degrada por la acción de los factores externos.

Las fuerzas inerciales debido a un sismo pueden activar las fallas en una ladera. Adicionalmente los suelos de origen volcánico en laderas de naturaleza granular y sueltos, pueden acusar una reducción de resistencia por la generación de alta presión dinámica en el agua de sus poros, en caso de que estos se encuentren con algún contenido de agua, entre mayor sea su presencia se volverán más susceptibles.

**Cuadro 11** Longitud de fallas por unidades geológicas

Formación geológica	Área (Km <sup>2</sup> )	Longitud total de fallas por área (m)	Susceptibilidad a deslizamientos
Formación Las Sierras	25.2	1515.1	2 (Bajo)
Formación Brito	50.6	3373.3	3 (Medio)
Formación Rocas Intrusivas	13.7	4848.5	5 (Alto)

La Formación las Sierras esta compuesta principalmente por tobas andesíticas-dacítica, aglomerática y toba lítica muy permeables, su textura arenosa brinda al suelo alta permeabilidad.

Estas rocas volcánicas presentan alteraciones y fracturas en la parte superficial siendo una característica importante desde el punto de vista hidrogeológico, ya que permite una permeabilidad y transmisibilidad adecuada, aunque también esta característica brinda cierta inestabilidad en estos suelos.

Según INETER (2004), debido a la permeabilidad estos suelos responden compactándose cuando son afectados por el paso de ondas sísmicas dando lugar a procesos de licuefacción en caso de que estos se encuentren saturados de agua.

De acuerdo con el cuadro 11, la formación Las Sierras fue calificada con un nivel de susceptibilidad baja; es la menos susceptible a sufrir deslizamientos por la influencia de fallas aunque sólo la presencia de estas indica que en la zona puede haber actividades sísmicas que las activen; de ser así, estos suelos por ser característicamente arenosos y sueltos pueden ser proclives a presentar deslizamientos de tierra.

La formación Brito compuesta principalmente de rocas sedimentarias tales como, areniscas, aglomerados tobáceos y lutitas. Esta formación posee suelos procedentes de la deposición de restos de rocas preexistentes y tienen una estructura granulada; es la formación más grande que cubre el municipio,

El cuadro 11 muestra que esta formación es calificada con un nivel de amenaza medio; hay más presencia de longitud de fallas lo que vuelve al área más susceptible a que ocurran deslizamientos de tierra.

En esta formación la permeabilidad del suelo es baja pues algunos de los componentes de éste, como las lutitas limitan el paso del agua superficial la cual se ve forzada a escurrir sobre la superficie de las rocas, las someten a una mayor acción erosiva. Se trata de suelos un poco más fuertes al ser menos arenosos que el de la formación anterior, pues al proceder de la deposición de rocas preexistentes el material que las forman son más pequeños aunque la presencia, en algunos sitios de altas pendientes pueden acusar la posibilidad de ocurrir deslizamientos de tierra si se presentase un sismo.

En tanto, la formación de Rocas Intrusivas compuesta principalmente de granitos y granodioritas impermeables, suponen un aporte alto a la generación de estos fenómenos de deslizamientos de tierra.

De acuerdo con el mapa de unidades litológicas afectadas por fracturamiento (figura 11), la formación Rocas Intrusivas es la más inestable. Esto se debe a que esta formación presenta la mayor longitud de fallas, esto vuelve la zona propensa a sufrir movimientos de tierra.

De acuerdo con Barrera y Amador (2006), la serie de suelos más propensa a sufrir deslizamientos de tierra es San Rafael, esta cubre gran parte del municipio aproximadamente el 53 %, son suelos que presentan un horizonte A oscuro, sobre un Bt café rojizo cargado de arcilla estos se pueden encontrar en la parte sur, pueden ser de carácter superficial en pendientes mayores del 30 %, en lluvias torrenciales de alta duración se pueden saturar de agua y generar deslizamientos de tierra debido a la escases de cubierta vegetal se considera que gran parte de la serie se encuentra utilizada por encima de su capacidad natural.

Esta serie de suelo abarca gran parte de la formación de rocas intrusivas por lo que la vuelve más susceptible a la generación de fenómenos de deslizamientos.

La formación de rocas intrusiva contiene suelos arenosos poco cohesivos; el mecanismo de movimiento incluso puede corresponder a la acumulación de agua en la interfase mejor constituida de la roca (parte menos meteorizada) y el aumento de la presión de poros hacia los niveles meteorizados arenosos, provocando flujos de lodo y detritos.

Las debilidades inherentes en las rocas y en los suelos frecuentemente se combinan con uno o más eventos desestabilizadores como fuertes lluvias, sismicidad o actividad volcánica estas dos últimas pueden activar las fallas que se encuentran en cada formación geológica, aumentando así el riesgo a sufrir deslizamientos de tierra.

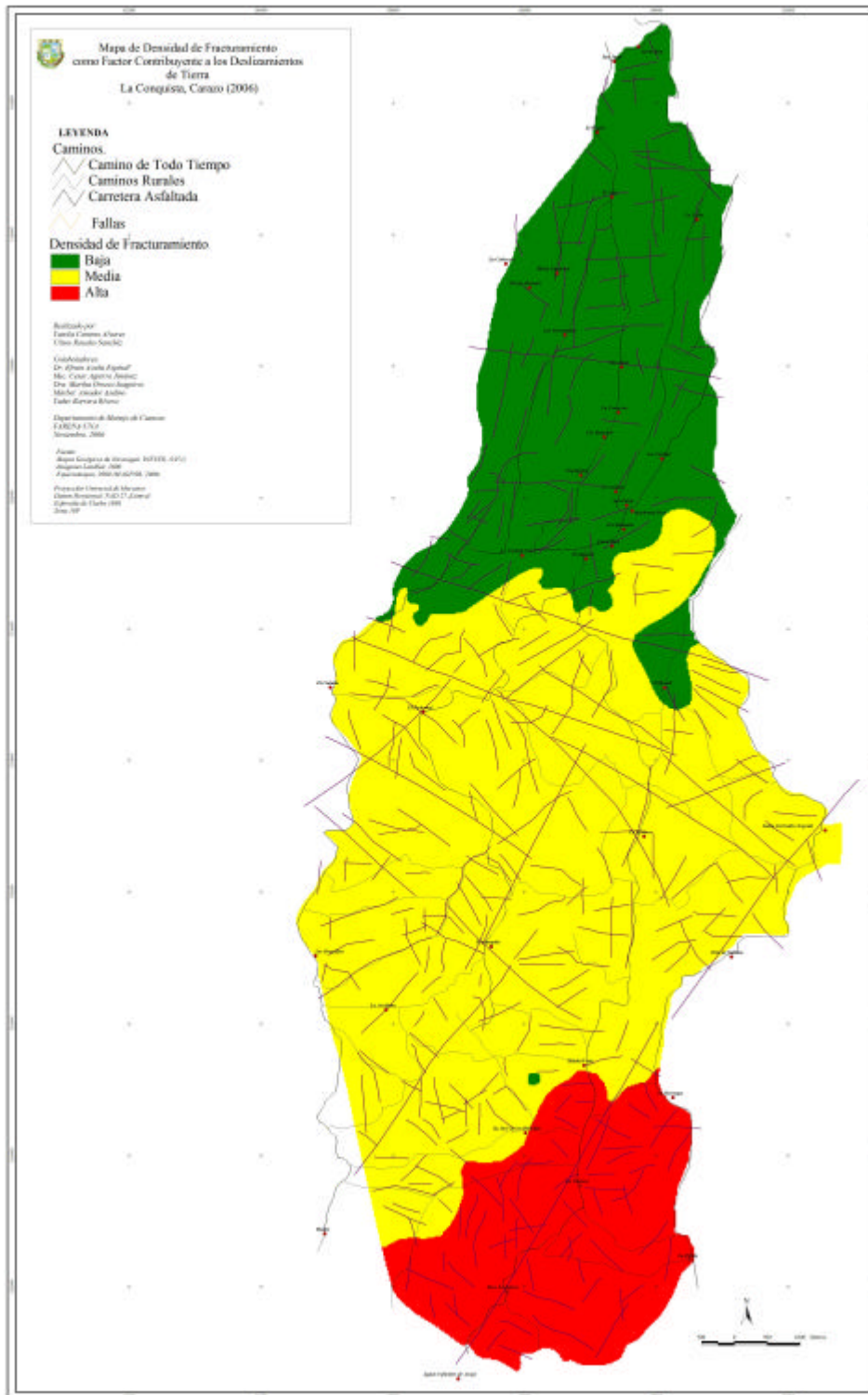
Analizando las características físico naturales se evidencia que la formación geológica de Rocas Intrusivas se conjugan las condiciones de altas pendientes unido a una litología inestable, en particular esta condición se agudiza mas si consideramos que Nicaragua esta ubicada sobre la Placa Tectónica Caribe, que colinda sobre el océano Pacífico con la Placa Coco.

De acuerdo con INETER (2006), el choque entre estas dos placas generan grandes

tensiones en la corteza terrestre, los movimientos de las fallas son la causa de los sismos, y la existencia de fallas en todo el país coincide con la posible ocurrencia de sismos en toda Nicaragua.

En el mapa (Figura 11), se observa que algunas de las fallas se encuentran en dirección Norte – Sur, paralelas a la costa del Pacífico, se tratan de las generadas por acción del choque de las Placas tectónicas Cocos y Caribe.

Las fallas con orientación Este – Oeste son más viejas y fueron generadas por otras actividades tectónicas.



**Figura 11.** Mapa de densidad de fracturamiento como factor contribuyente a los deslizamientos de tierra.

### 5.1.3 Análisis del factor pendiente

El factor pendiente en ocasiones suele ejercer mucha presión en cuanto a la ocurrencia de deslizamientos de tierra, aunque este efecto será mayor de acuerdo a las condiciones de las áreas, si estas se encuentran con bajos conflictos de usos y también la influencia de las características de sus suelos

Los deslizamientos de tierra son causados cuando la fuerza de gravedad moviliza la roca o el suelo por la pendiente.

En el cuadro 12 se aprecian los niveles de susceptibilidad con la respectivas calificación de estos. El nivel de susceptibilidad de muy bajo y bajo cubren el 22.17 % y 8.38 % respectivamente, representan el 30.55 % del área total del municipio. Estas dos calificaciones son los niveles en donde la pendiente ejerce menos efecto a la generación de fenómenos de deslizamientos de tierra por tratarse de pendientes menores de 4 %.

**Cuadro 12.** Niveles de susceptibilidad del factor pendiente.

Nivel de susceptibilidad	Área en Km <sup>2</sup>	Área en %	Clasificación
Muy bajo	20.06	22.17	1
Bajo	7.79	8.38	2
Moderado	16.53	17.79	3
Alto	34.55	37.18	4
Muy alto	13.46	14.48	5

El nivel de moderado representa el 17.79 % del área (16.53 Km<sup>2</sup>), en estas áreas la pendiente ya es un factor que ejerce presión sobre la estabilidad de suelo. Se presentan pendientes de 15 % lo que es suficiente para que el suelo pueda ceder ante la fuerza de gravedad con influencia de otros factores como el climático, (fuertes precipitaciones) e influencia por fallas eventualmente estas condiciones pueden dar paso a la generación de fenómenos de deslizamientos.

El nivel alto 37.18% del área y muy alto 14.48 % representan el 51.66 % del área total



del municipio son áreas que se caracterizan por paisajes colinados y escarpados alcanzando alturas de hasta 500 msnm, presentan pendientes arriba del 30%, son los niveles que ejercen mayor presión.

En estas áreas de susceptibilidad a sufrir deslizamientos de tierra se encuentran algunos deslizamientos activos, por lo que son las áreas más peligrosas y propensas a sufrir este tipo de eventos en cierta forma, esta condición puede verse agravada dependiendo del uso al que este siendo sometido el suelo, pues si la cobertura del suelo va acorde a su uso potencial brindara al suelo protección y resistencia ante movimientos (Figura 12).

En general, las Pendientes arriba del 15 % presentan susceptibilidad a que se produzcan deslizamientos, la mayor parte del municipio presenta porcentajes más altos que este lo que vuelve la zona potencialmente vulnerable, las pendientes más pronunciadas tienen mayor probabilidad de que ocurran deslizamientos sin embargo esto no implica que no ocurran deslizamientos en pendientes suaves.

En estudios realizados por la OAS (1993), se afirma que otros factores pueden contribuir a que una pendiente suave sea especialmente propensa a fallar y así, en esta situación se podría determinar que tiene un potencial relativo de peligro. Por ejemplo, por la acción de fuertes precipitaciones o por la presencia de aguas subterráneas cercanas a las superficies de suelos arenosos podrían provocar licuefacción del suelo durante un sismo. Esto puede causar deslizamientos en pendientes tan pequeñas como del 10 al 15 %.

Se piensa que de acuerdo al grado de pendiente esta relacionado la disponibilidad de material (suelo) en superficie, de esta manera al efectuarse un movimiento de tierra en pendientes fuertes se considera que puede ser menos la cantidad de material removido que en pendientes menores.

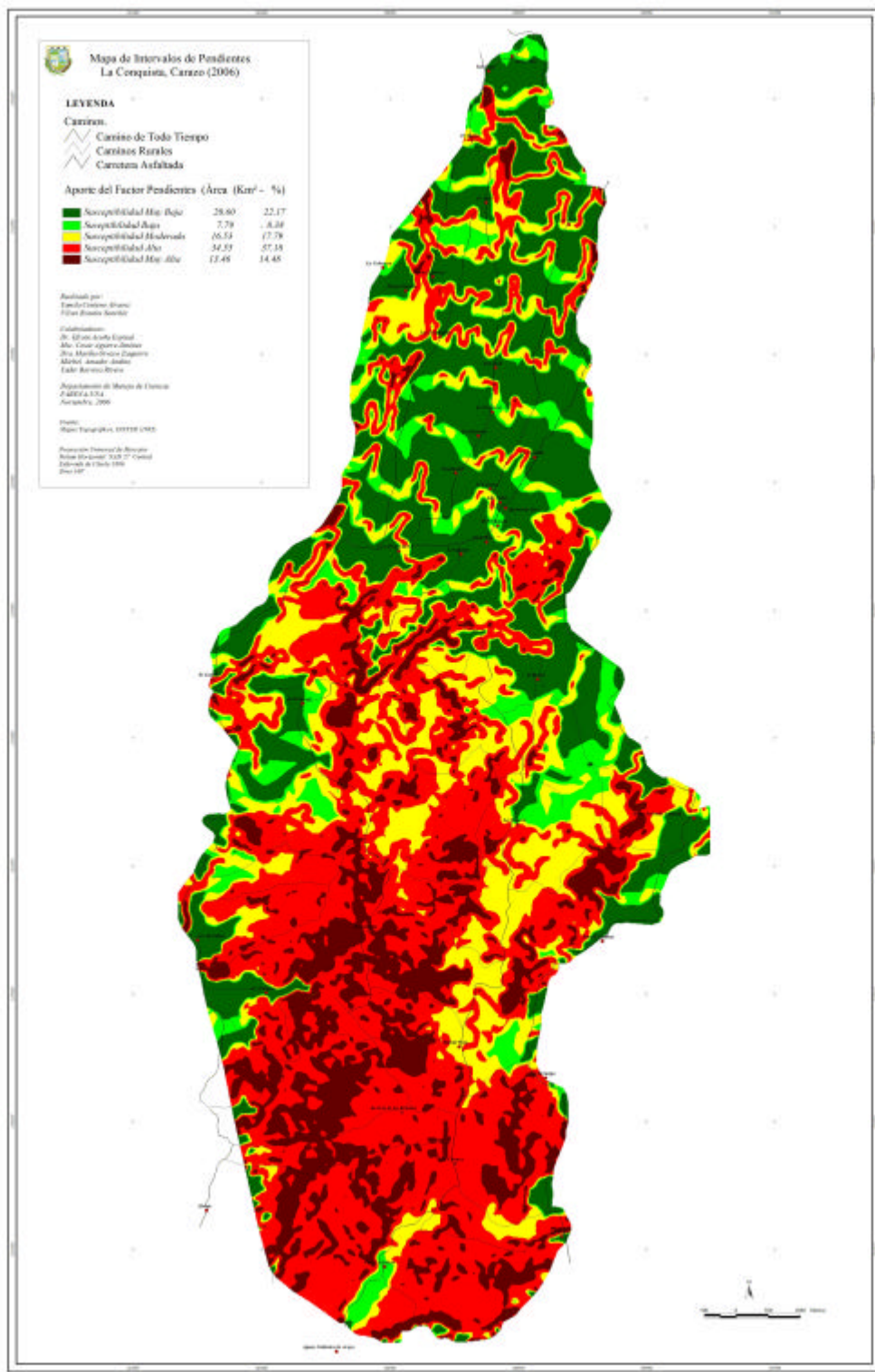
Las condiciones de pendientes del terreno cobra vital importancia. Según Tarbuck y

Lutgens (1999), el exceso de pendiente no es importante solo porque desencadene movimientos de materiales granulares no consolidados, produce también pendientes inestables y movimientos en masa en suelos cohesivos, y por medio de procesos gravitacionales se eliminara la pendiente excesiva, restaurando su estabilidad.

De acuerdo con INETER (2005), la rotura de los materiales en las laderas ocurre cuando la fuerza de la gravedad excede el esfuerzo de la roca o suelo que conforma la ladera, es decir, ocurren cambios en el equilibrio de las fuerzas de resistencia al corte.

Tomando en cuenta este principio las áreas con pendientes arriba del 15% son las áreas más inestables, además de la fuerza de gravedad que es lo que controla los procesos gravitacionales. Existen otros procesos que ayudan a la superación de la inercia, y la activación de los movimientos descendentes, como son el exceso de agua y vibraciones de la activación de fallas en unidades litológicas fracturadas.

Las formaciones geológicas Brito y Rocas Intrusivas coinciden con las áreas con niveles altos de pendientes (mayores de 15 %) esto aumenta aun más la inestabilidad de estas áreas considerando la posible influencia de otros factores que pueden ayudar a disminuir la resistencia al corte de los suelos de laderas como la presencia de agua por precipitaciones constantes y la presencia de fallas geológicas.



**Figura 12.** Mapa de pendientes y su aporte a los deslizamientos de tierras.

## 5.2 Análisis del mapa de vulnerabilidad a deslizamientos por factores extrínsecos.

Según Pérez y Rojas (2005), los factores detonantes se ven influenciados en su mayoría por las actividades humanas que se realiza en el medio, y el cambio que estas provocan en el entorno natural traen consigo grandes consecuencias.

En el cuadro 13 se muestra que los niveles de muy baja y baja vulnerabilidad a deslizamientos de tierra por los factores extrínsecos cubren el 29.49 % y 2.28 % respectivamente, abarcan el 31.77 % del área total del municipio. En estas áreas las prácticas agrícolas que se desarrollan no están sobrepasando la capacidad de uso del suelo, y los factores detonantes (uso del suelo, clima y erosión) ejercen menos presión en estas zonas, lo que indica que el nivel de intervención del hombre no ha causado mayores repercusiones, y se mantiene cierto equilibrio entre actividades agrícolas y el buen estado del medio.

**Cuadro 13** Niveles de vulnerabilidad por factores extrínsecos

Nivel de vulnerabilidad	Área Km <sup>2</sup>	Área %	Clasificación
Muy bajo	26.34	29.49	1
Bajo	2.03	2.28	2
Moderado	7.70	8.63	3
Alto	31.57	35.35	4
Muy alto	21.67	24.27	5

El nivel de moderado cubre aproximadamente el 8.63 % del municipio, se considera que los factores detonantes ya van cobrando importancia y que la vulnerabilidad a deslizamientos es latente; acá podemos considerar que las actividades humanas han provocado de cierto modo inestabilidad en estos suelos por su uso inadecuado, al utilizarse para la agricultura cuando éstos presentan ciertas restricciones sin llevarse a cabo ninguna obra de conservación para disminuir el impacto que trae consigo las actividades agrícolas. El clima predominantemente húmedo también influye en el aumento de esta susceptibilidad.

Los niveles de alto y muy alto cubren el 35.35 % y 24.27 % respectivamente; estos dos

niveles de vulnerabilidad representan aproximadamente el 56.6 % del área total del municipio, lo que es muy significativo considerando que es un municipio relativamente pequeño en donde el uso de la tierra y la precipitación que se presentan en estas zonas son los factores detonantes que ejercen mayor presión. La aparente intervención antrópica se hace más evidente en estas zonas al tener áreas de cultivo donde debería de prevalecer el bosque a consecuencia de las actividades del hombre se ha creado un desequilibrio ambiental que crea las condiciones necesarias para la incidencia de estos factores de presión.

En algunos de estos sitios de alta vulnerabilidad se encuentran árboles con su fuste arqueado como evidencia de movimientos activos en las zonas de mayor riesgo, esto ocurre cuando el suelo intenta un movimiento a través y alrededor de los árboles, los cuales se encuentran finamente anclados en el suelo, dicho fino anclaje de los árboles se puede lograr si éstos logran un contacto radicular con rocas o a una alta profundidad de sus raíces.

En si los niveles altos de susceptibilidad nos indica que la zona es propensa a sufrir este tipo de fenómenos (Figura 13), si se activase uno de los factores detonantes, esta condición del municipio lo vuelve muy vulnerable pues estas áreas abarcan comunidades que se encuentran dentro o colindantes con estas zonas susceptibles.



### 5.2.1 Análisis del factor erosión

En este factor se obtuvieron cinco niveles de erosión, los cuales muestran su susceptibilidad de forma inversa al grado de erosión existente, de modo que entre más bajo sea el nivel de erosión encontrado mayor será la susceptibilidad a producir deslizamientos de tierra.

Para la obtención de este mapa se utilizó información acerca del grado de pendiente, información meteorológica, de usos y coberturas vegetal del suelo, todos estos factores conjugados definen el grado de erosión del suelo; aunque, el nivel alto de erosión no define la posibilidad de provocar un deslizamiento de tierra, ya que actúa en contra a este fenómeno.

Las áreas que presentan los niveles más altos de erosión coinciden con las áreas que presentan mayores pendientes (Cuadro 14), al parecer el agua es el mayor causante de la pérdida de suelo debido a la inclinación de la pendiente y la falta de cubierta vegetal; el agua de escorrentía puede tener mucha fuerza de arrastre en estas condiciones.

**Cuadro 14** Niveles de erosión.

Nivel de erosión	Área Km <sup>2</sup>	Área en %	susceptibilidad
Normal	55.04	71.39	5
Baja	13.56	17.59	4
Moderada	6.64	8.61	3
Alta	1.11	1.43	2
Muy alta	0.74	0.95	1

Según Pérez y Rojas (2005), el fenómeno de la erosión causa que el suelo se pierda con el agua de escurrimiento durante un evento lluvioso, por lo tanto, la mayor amenaza de deslizamiento va a ser para aquellas áreas en donde existe suficiente material (suelo) que pueda deslizarse, es decir aquellas áreas que presentan niveles de erosión normales, bajos y moderados esto considerando la disponibilidad de material.

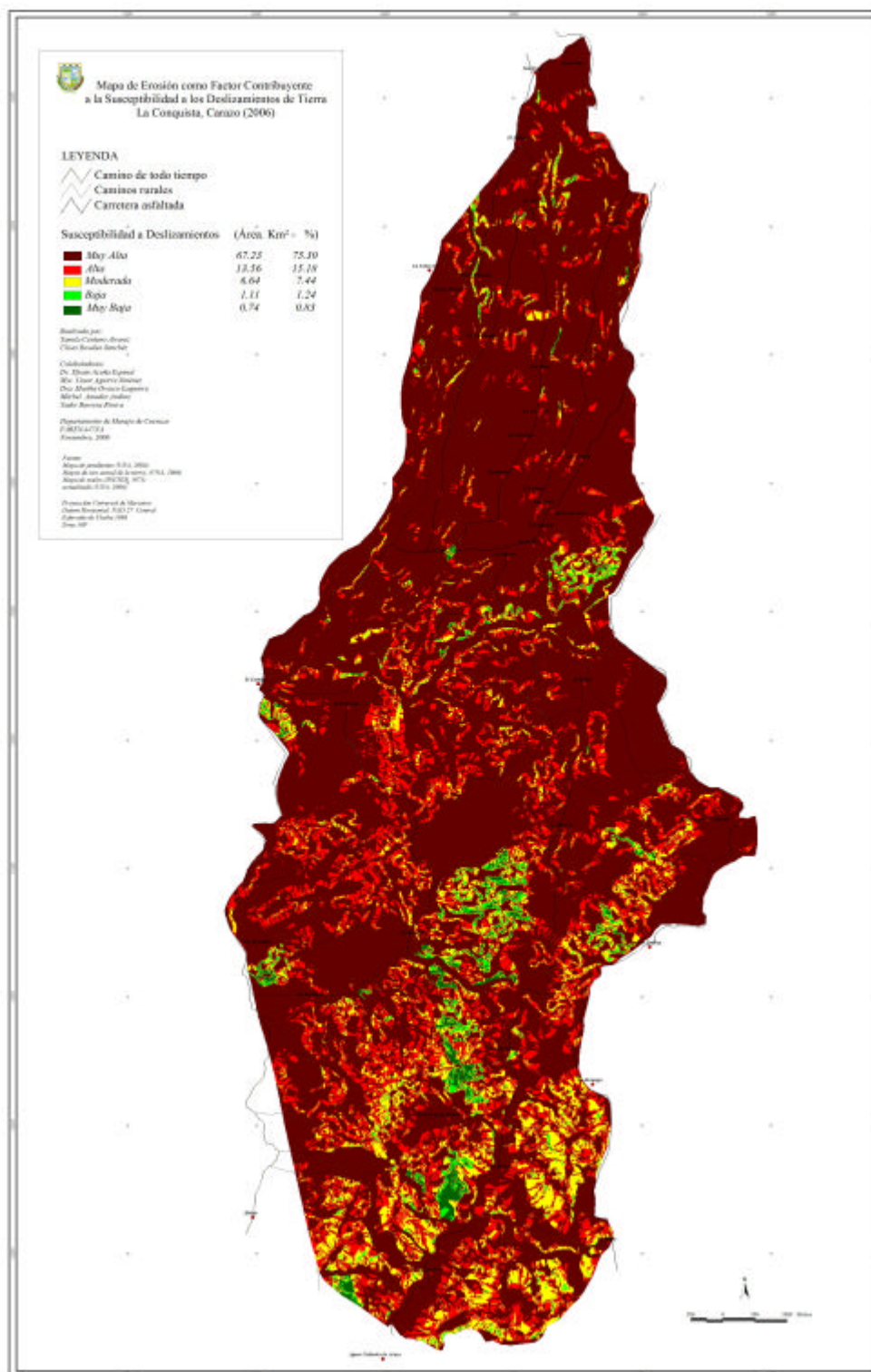
En el cuadro 14 se observa que los niveles de erosión normal y baja cubren el 71.39 %

y 17.59 % respectivamente, representan el 88.89 % del área del municipio, lo que indica que la mayor parte de este no presenta mayores problemas de erosión, estas son las áreas que obtuvieron altas susceptibilidades por la presencia de cantidades de suelo que puede ponerse en movimiento. Con esto se aduce que si en estas áreas existen otros factores que ejerzan presión estas pueden ser susceptibles y generar deslizamientos esto considerando que en el municipio predomina el clima húmedo y que en él se encuentran presentes fallas geológicas factores que pueden poner en movimientos estos volúmenes de suelo.

El nivel de moderada erosión abarca el 8.61 % del municipio, que considerado con una susceptibilidad moderada, pues aunque este tenga problemas de erosión todavía son áreas con la suficiente cantidad de suelo que pueden alcanzar inestabilidad dada las condiciones y presiones de otros factores.

Los niveles alto y muy alto cubren el 1.43 % y 0.95 % respectivamente, representan el 2.38 % del área total del municipio; estas zonas coinciden con las áreas que presentan pendientes mas pronunciadas y conflictos de uso de suelo lo que explica su nivel de erosión. En relación con las demás áreas estas son las menos susceptibles de acuerdo a la presión ejercida por el factor erosión, pues hay menos material acumulado (suelo) que pueda ser puesto en movimiento. Sin embargo, se considera que a veces solo es necesario una fuerte pendiente y un evento lluvioso extraordinario, que en el municipio no se descarta pues en septiembre y octubre se registran las precipitaciones de mayor intensidad lo que podría provocar un movimiento de tierra. La existencia de menos material (suelo) no inhibe la susceptibilidad a generar movimientos, sino que pueden estar sujetos a ciertas tipologías de movimiento (Figura 14).





**Figura 14.** Mapa de erosión estimada y su aporte a los deslizamientos de Tierra.

## 5.2.2 Análisis del factor conflicto de usos de suelos

El mapa de conflictos de uso de suelos (figura 15) nos muestra una clasificación del nivel de intervención del hombre sobre los recursos naturales especialmente el suelo; estos niveles van de muy bajo a muy alto. De acuerdo al nivel de conflicto sabemos si las actividades que realiza el hombre van acorde a la capacidad productiva del suelo, así cuando el uso actual no corresponde con la capacidad de uso de la tierra se crea un conflicto que se convierte en un factor detonante de tipo antropico.

En el cuadro 15 se observa que los niveles de muy bajo y bajo conflictos de uso de suelo cubren el 27.97 % y 8.42 % respectivamente, representan un 36.39 % del área total del municipio. Se tratan de áreas en donde el uso actual de la tierra y el uso potencial se encuentran en cierto equilibrio satisfaciendo los requerimientos de conservación y producción lo que les brinda baja susceptibilidad a producir deslizamientos.

**Cuadro 15.** Niveles de susceptibilidad por los conflictos de usos de suelo.

Nivel de conflicto de uso	Área Km <sup>2</sup>	Área %	Susceptibilidad
Muy bajo	25.11	27.97	1
Bajo	7.54	8.42	2
Moderado	24.92	27.82	3
Alto	12.60	14.01	4
Muy alto	19.25	21.55	5

El nivel de moderado cubre el 27.82 % del área presenta algunas confrontaciones de uso, en estas áreas representadas los uso de suelos no son los adecuados de acuerdo a la vocación del terreno pues estos presentan algunas limitaciones que no lo hacen apto para el uso actual por lo que su susceptibilidad es moderada, aunque esto podría mejorar un poco si se toman en cuenta otras opciones de cultivos con ciertas practicas agrícolas que pueden disminuir las limitaciones que estos presentan.

Los niveles de alto y muy alto cubren un área de 14.01 % y 21.55 % respectivamente esto representa aproximadamente el 35 % del área total de la microcuenca. El nivel alto

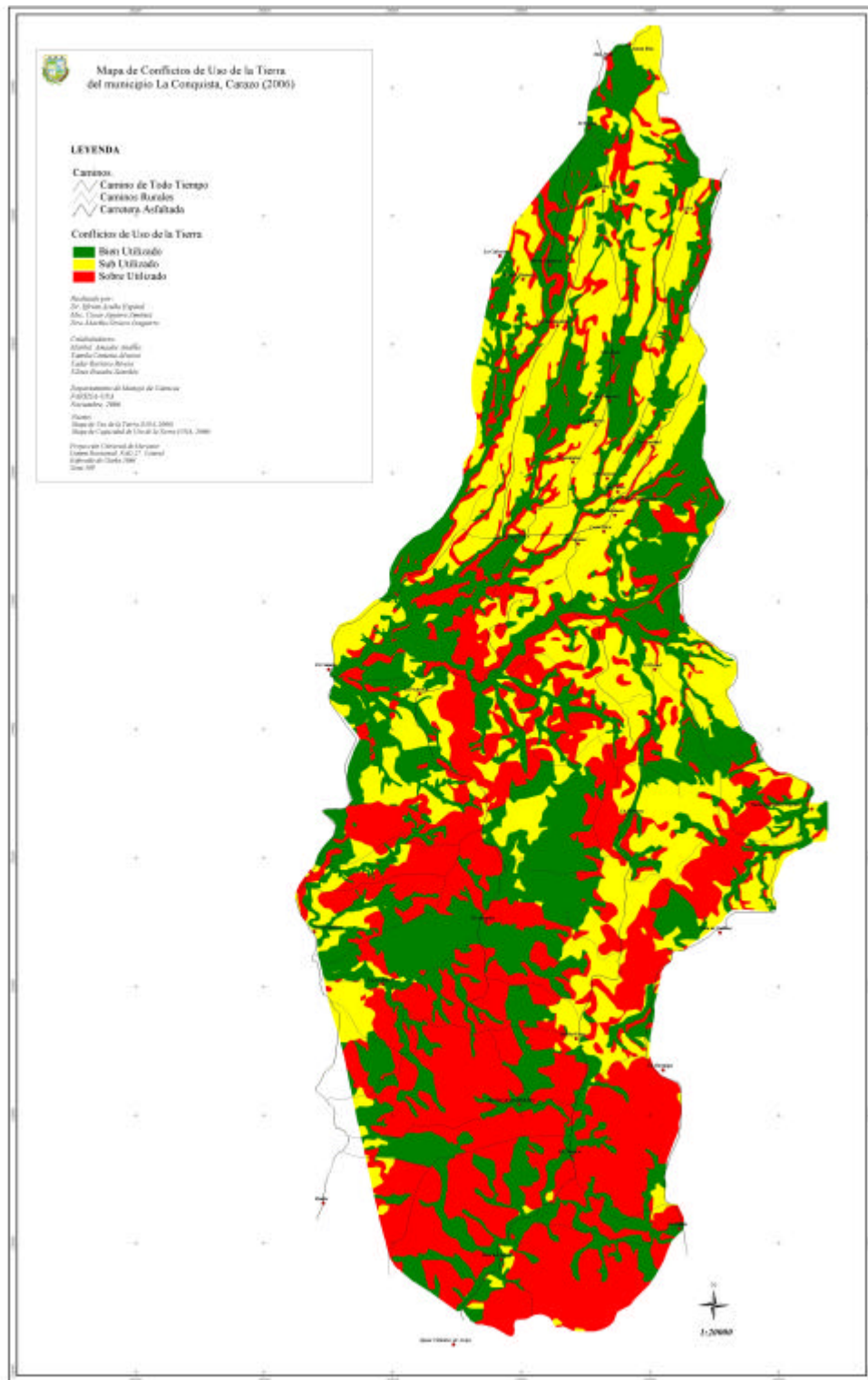
representa áreas escarpadas en donde no debería de cultivarse, sino más bien debería de mantenerse una capa vegetal protectora o áreas boscosas manejadas (Figura 15).

Para el nivel de muy alto lo apropiado sería que fuesen áreas destinadas a la protección o bosques sin intervenir. El hecho de que estos suelos estén siendo utilizados con un fin agrícola cuando sobre ellos debería de existir bosques nos demuestra que están siendo utilizados por encima de su capacidad, lo que vuelve a estas áreas frágiles y vulnerables frente a la presión ejercida por algunos factores, por ende son las que presentan mayor susceptibilidad a sufrir deslizamientos de tierra.

De esta manera, los usos no adecuados en las diferentes áreas del municipio de La Conquista, agudizan aun más la situación pues estas áreas corresponden a las zonas más húmedas del municipio donde ocurren fuertes precipitaciones en los meses de Septiembre y Octubre, y al no contar con una capa vegetal protectora se predispone el área a sufrir deslizamientos de tierra puesto que la vegetación brinda estabilidad al suelo, esta intervención incorrecta tiene su explicación al tratarse de las áreas más pobres del municipio donde se practica la agricultura migratoria que va desproviniendo al suelo de protección boscosa.

Según Gray y Leiser (1982), la vegetación provee al suelo protección de la acción erosiva de la lluvia mediante la *intercepción* de las gotas que absorben la energía de la lluvia y previenen la compactación, *retención* de las partículas del suelo, *retardación* al existir residuos vegetales en el suelo disminuye la velocidad del agua, y mejora la infiltración pues las raíces y residuos ayudan a mantener la porosidad del suelo etc.

Si bien no siempre las plantas ejercen efectos benéficos a impedir movimientos de suelo, existe una influencia que estas ejercen que le llaman *Cuñamiento* y es la tendencia de las raíces a invadir grietas, fisuras y canales y pueden causar con ello inestabilidad local, especialmente en masas rocosas. Los sistemas radicales, pueden garantizar un efecto estabilizante si las raíces atraviesan la superficie de falla, si las raíces no la cruzan, sus efectos en la estabilidad del talud se limitan al control de la humedad del suelo y a la sobrecarga, pudiendo ser esta última desfavorable.



**Figura 15.** Mapa de conflictos de uso de suelo y su contribución a los deslizamientos de tierra.

### 5.2.3 Análisis del factor clima

El mapa de clima (Figura 16), fue clasificado con dos niveles de humedad de moderada a alta, considerando al clima seco como el nivel más bajo de amenaza y al clima húmedo como el nivel más alto. La susceptibilidad del suelo a sufrir deslizamientos de tierra por la influencia del factor clima está relacionado con la posibilidad de saturación de los suelos lo que provocaría inestabilidad.

Se obtuvieron datos de la estación meteorológica de Campos Azules la cual registro una precipitación promedio de 1350 mm/año (basado en un periodo de 30 años), por lo que el grado de amenaza se ha considerado de moderado para este promedio. También se obtuvieron datos meteorológicos de la estación de Nandaimé la cual registro una precipitación promedio de 1410 mm/año (basado en un periodo de 30 años), para este promedio se considero el grado de amenaza alto. Estos dos promedios de acuerdo a los intervalos de la precipitación media nacional son considerados como altos.

En el mapa se observan dos zonas con diferentes condiciones de humedad, el clima clasificado como moderado (color amarillo) correspondiente al promedio de 1350 mm/año de lluvia, conciernen a las zonas en donde este factor ejerce menos presión a la ocurrencia de deslizamientos de tierra, esta área coincide con los sitios donde se presenta menos longitudes de fallas y con pendientes que van de muy baja a moderada, por lo que son las zonas menos susceptibles a sufrir deslizamientos.

Sin embargo, se observa que en la microcuenca predomina un clima relativamente mas húmedo calificado como muy alto (color rojo), correspondiente a las zonas donde se registra un promedio de 1410 mm/año considerando que esta área cubre las zonas con unidades litológicas que presentan mayor inestabilidad, y pendientes arriba del 15 % el clima juega un papel preponderante pues es un factor detonante que puede desencadenar movimientos de tierra. En estas zonas las precipitaciones de mayor intensidad se presentan en los meses de septiembre y octubre pudiendo alcanzar

lluvias de hasta 70 mm/30 minutos lo que hace que la vulnerabilidad a deslizamientos de tierra por la presión ejercida mediante eventos de precipitación extraordinarios sean de alto riesgo a que se produzca el fenómeno.

Según Tarbuck y Lutgens (1999), cuando los poros del suelo se llenan de agua se destruye la cohesión entre las partículas, permitiendo que se deslicen unas sobre otras con relativa facilidad, por lo tanto la saturación reduce la resistencia interna de los materiales, los cuales son puestos fácilmente en movimiento por la fuerza de gravedad.

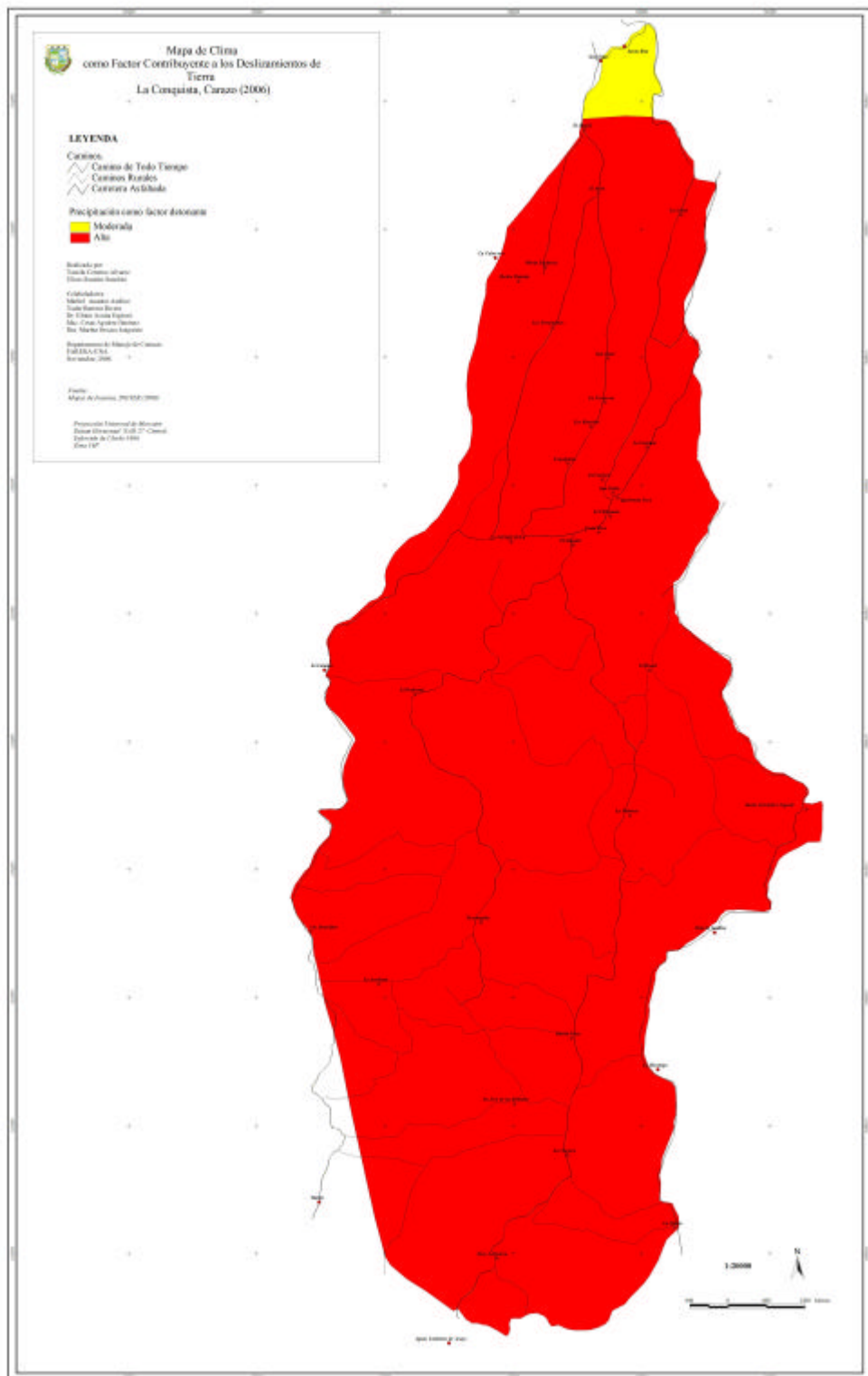
La formación las Sierras es de origen volcánico y de naturaleza arenosa y granular sus suelos son muy permeables, la presencia de fuertes lluvias puede ser más influyente que las precipitaciones de baja intensidad, pudiendo provocar en precipitaciones intensas deslizamientos por licuefacción.

La formación Brito constituida principalmente por rocas sedimentarias, es la formación más grande que cubre el municipio, presenta suelos poco permeables por la presencia de lutitas que le dan al suelo cierta resistencia a la infiltración del agua por poseer componentes cálcicos y minerales de arcilla, por consiguiente en esta formación la presencia de precipitaciones de larga duración y baja intensidad, pueden influir más que lluvias intensas por la diferencia en el tiempo de absorción entre los suelos arenosos y los arcillosos, el clima húmedo abarca esta formación y acá ocurren fuertes precipitaciones en los meses de septiembre y octubre con el 60 % de las lluvias donde los suelos pueden estar sometido a saturaciones constantes.

En suelos arenosos poco cohesivos característicos de la Formación del Intrusivo la acumulación de agua en la interfase más fuerte, y el aumento de la presión de poros hacia los niveles meteorizados arenosos, podría provocar flujos de lodo y detritos. En estos suelos precipitaciones torrenciales de corta duración pueden ser más peligrosas que otras más prolongadas pero menos intensas, puesto que su característica arenosa permite un buen drenaje al contrario de los suelos arcillosos que suelen ser más susceptibles en situaciones de lluvias prolongadas y leves por su capacidad de

absorción.

Por esta razón el clima predominantemente húmedo con eventos lluviosos intensos incide fuertemente a que se den condiciones favorables para fenómenos de deslizamientos de tierra más aun cuando se trata de suelos arenosos poco cohesivos a como se refirió anteriormente.



**Figura 16.** Mapa de clima y su contribución a los deslizamientos de tierra.



### 5.3 Análisis del mapa de vulnerabilidad potencial a deslizamientos de tierra en el Municipio de la Conquista

El mapa de vulnerabilidad potencial a deslizamientos de tierra (Figura 17), expresa cinco niveles de amenaza potencial, debido tanto a los fenómenos intrínsecos como a los extrínsecos.

El cuadro 18 nos muestra que las áreas con niveles de baja y muy baja vulnerabilidad potencial abarcan el 50.05 % y 19.37 % respectivamente, representan el 69.42 % del área total del municipio coinciden con las áreas con pendientes menores de 15%, y bajos conflictos de uso del suelo en su mayoría se encuentran zonas utilizadas a su capacidad lo que evita la degradación del terreno, esto nos indica que los factores extrínsecos e intrínsecos no suponen un aporte alto a la generación de fenómenos de deslizamientos de tierra .

**Cuadro 16.** Niveles de vulnerabilidad potencial a deslizamientos.

Niveles de susceptibilidad	Area Km <sup>2</sup>	Area %	Clasificación
Muy bajo	44.70	50.05	1
Bajo	17.30	19.37	2
Moderado	18.98	21.37	3
Alto	7.43	8.32	4
Muy alto	0.90	1.01	5

El nivel de moderada susceptibilidad cubre el 21.2% del área total del municipio, esta abarca los cerros 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. Estas son áreas con pendientes comprendida entre los intervalos de 30 a 45% o mayores de 45%. En las vecindades de estos lugares se encuentran las comunidades de Los Gómez, El Jabillo y la Lajitas, aunque estos lugares no presentan una amenaza a la vida de los pobladores de estas comunidades no hay que menospreciar su nivel de vulnerabilidad pues las actividades que realicen los pobladores puede agravar la situación y la presión ejercida por otros factores. Se trata de lugares sobre formaciones poco permeables en donde precipitaciones prolongadas

pueden causar movimientos de tierra.

El nivel de alto y muy cubren el 8.32 % y 1.01 % esto representan el 9.33 % del área total del municipio, estas zonas coincide con el territorio del municipio con mayor densidad de fractura, presentan áreas con alto conflicto de uso de tierra en donde se determino que la intervención humana con sus actividades agrícolas van por encima de la capacidad de uso del suelo lo que provoco la alta incidencia de este factor en el mapa de vulnerabilidad potencial, además en estas zonas pueden ocurrir fuertes precipitaciones en tiempos relativamente cortos (70mm/30 minutos), acá convergen pendientes entre los intervabs de 30 a 45 % las cuales en un dado momento pueden ceder ante la fuerza ejercida por la gravedad dado el peso excesivo producto de saturaciones de agua lo que disminuiría la resistencia al corte en laderas, estas áreas son potencialmente vulnerable a que ocurran fenómenos de deslizamientos de tierra.

Es importante señalar que los niveles de vulnerabilidad potencial alto y muy alto corresponden a los sitios de mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos como son: cerros La Pitilla, Los Placeres, Paso la Solera, Cerro Huiste, San José de los Remates, La Chonca y San Jorge.

Un aspecto muy importante es que el mapa de vulnerabilidad a deslizamientos por factores intrínsecos y sus calificaciones de zonas de moderada, alta y muy alta vulnerabilidad coincide con el mapa de vulnerabilidad potencial, aunque el mapa de factores extrínsecos también coincide con la áreas potencialmente vulnerables, este cubre con una calificación de alta vulnerabilidad a gran parte del municipio aun en partes en donde la potencialidad de estos eventos se clasificaron como bajos, esto no indica que los factores extrínsecos carezcan de importancia sino que la influencia ejercida por estos en dichas áreas no ejercen la suficiente presión como para volverla potencialmente vulnerable, considerando que el factor extrínseco más influyente es el conflicto de usos de suelo siendo este más influyente en la parte sur del municipio que en la parte media y norte.

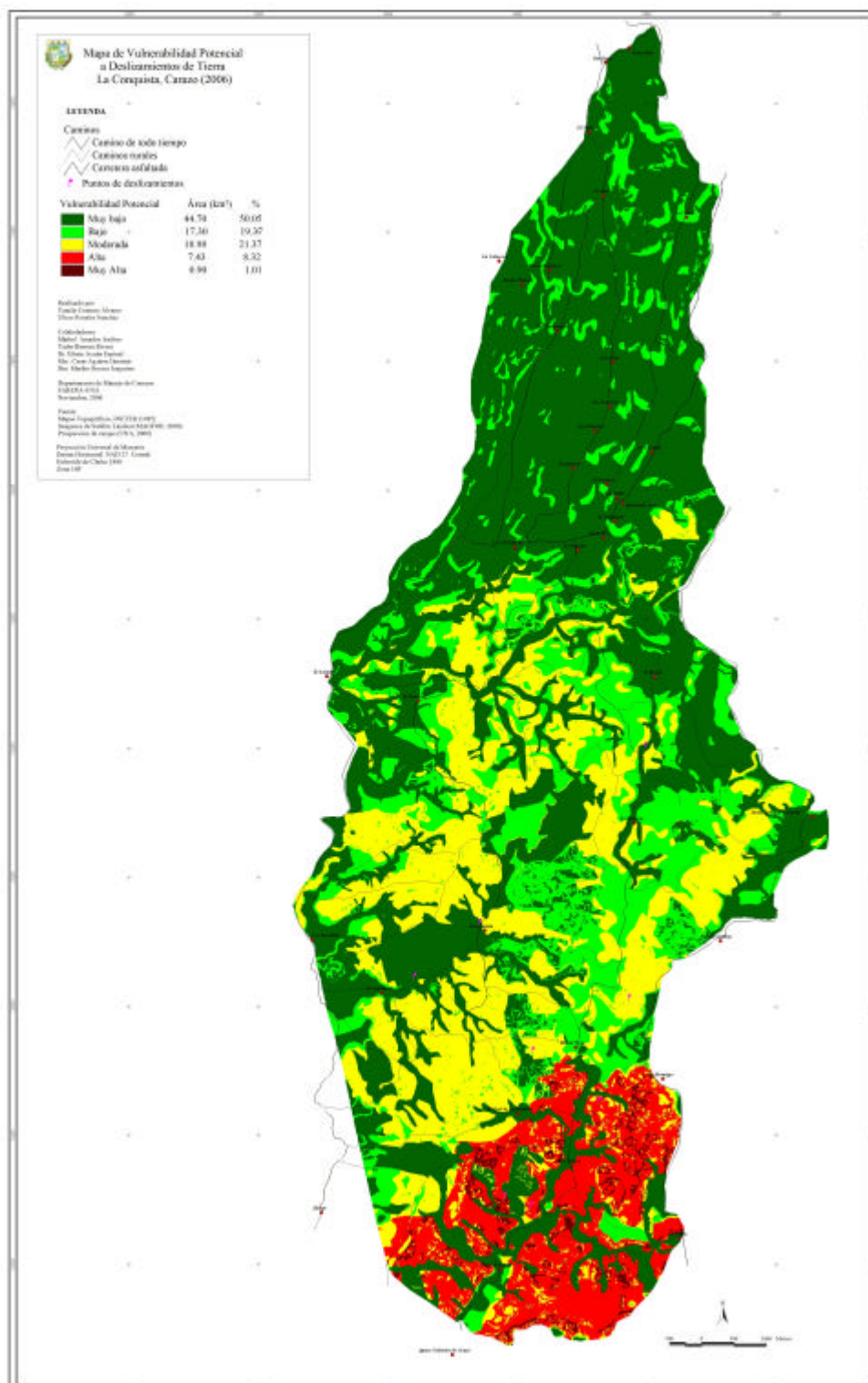
Se hicieron recorridos de campo y se geo-referenciaron deslizamientos ya ocurridos anteriormente, se encontraron más de siete huellas de deslizamientos en las cercanías de las comunidades la Avellana, Tecomapita, San José de los Remates, Paso la Solera, entre otros.

Estos fenómenos no causaron daño a pobladores ni a infraestructuras pues se trata de eventos aislados en áreas pequeñas provocando impactos reducidos, estas tierras son usadas para cultivos anuales y pastos por lo que de activarse un factor detonante solo habrían daños económicos Sin embargo, Pérez y Rojas (2005), señalan que durante los eventos lluviosos pueden llegar a ser catastróficos para la gente que trabaja la tierra en tiempos de siembras.

Los indicios de deslizamientos activos encontrados en las cercanías de Tecomapita y el efecto que estos han provocado en la vegetación al obligar al fuste de árboles a presentar cierta curvatura sugieren que se tratan de movimientos del tipo *reptación*.

Según COSUDE (1999), el movimiento de reptación se manifiesta sobre una superficie planar o semicurvada sobre la cual se mueve la masa inestable, se tratan de movimientos lentos de 0 – 2 cm por año, los cortes que se encontraron en el terreno corresponderían a deslizamientos superficiales pues la profundidad de la superficie de ruptura eran entre 0 – 2 mts.

Algunos de los sitios con movimientos activos concuerdan con la descripción de deslizamientos peliculares los cuales presentan ciertas ondulaciones, que pueden evolucionar hasta formas de escalones que comúnmente se conocen como caminos de vaca, este tipo de deslizamientos afecta fundamentalmente la cubierta edáfica, generalmente se presenta en pendiente mayores del 20 %, la velocidad del movimiento es lenta..



**Figura 17.** Mapa de la vulnerabilidad potencial a deslizamientos de tierra en la Conquista, Carazo.



**Figura 18.** Deslizamiento en las vecindades de Tecomapita e inclinación de la vegetación producto de la activación del deslizamiento.

#### **5.4 Medidas a nivel local para disminuir el efecto de los fenómenos de deslizamientos.**

Los deslizamiento de tierra están influenciados por la acción de factores intrínsecos (condicionantes), e extrínsecos (desencadenantes), en algunos casos se puede hacer que la presión ejercida por estos disminuya, como es el caso de los factores desencadenantes, pues los condicionantes están unidos a la propia naturaleza del terreno y no se puede inferir directamente en ellos.

La erosión con respecto a la susceptibilidad a deslizamientos de tierra es considerada menos propensa en donde haya menos material disponible (áreas erosionadas), aunque este un factor que de una o de otra manera representa peligro de acuerdo a sus niveles y a la influencia de otros factores, y en vista de mejorar el equilibrio en la que deben estar todos los factores, se considera necesario la promoción e implementación de obras de conservación de suelos, así como el desarrollo de proyectos de reforestación en áreas degradadas y frágiles donde los mismos pobladores puedan participar para que ellos se involucren en la formación y fortalecimiento de programas de reducción de riesgo.

Con lo anteriormente descrito, aunque no se pueda influir directamente en el clima, es

posible lograr que sus repercusiones disminuyan al tener tener una mejor cubierta vegetal que proteja el suelo y le brinde cierta estabilidad, de acuerdo al uso potencial al que este sujeto.

Todas estas medidas requieren de programas de concientización y capacitación dirigidas a pobladores de las áreas vulnerables a deslizamientos de tierra, y a los productores de toda la zona, para evitar el posible cambio en zonas en donde las condiciones no son tan susceptibles pero que puedan verse afectadas por usos inadecuados y sus consecuencias.

Dada las circunstancias de susceptibilidad de algunos sitios como son: los cerros La Pitilla, Los Placeres, Paso la Solera, Cerro Huiste, San José de los Remates, La Chonca y San Jorge en los que se encuentran comunidades cercanas se necesitan construir albergues que funcionen de manera temporal en época de invierno o verificar si existen estructuras gubernamentales como escuelas las que pudieran estar a disposición a la hora de necesitarlos, para asegurar puntos de concentración a pobladores que habiten en zonas de riesgo y así facilitarles el apoyo en cuanto a servicios básicos y víveres.

### **Obras de prevención ejecutadas.**

El municipio de La Conquista en vista de los riesgos potenciales por los cuales se puede ver afectada la integridad física de sus pobladores e infraestructura y daños a vías de acceso (incomunicación), previendo minimizar el impacto de algunos fenómenos naturales como el desbordamiento de ríos y los subsecuentes efectos de este al poder activar movimientos de tierra por socavación, realizo algunas obras de contención a orillas de ríos; se tratan de muros (gaviones), que resisten las fuerzas desarrolladas por el agua y así disminuyen la fuente de amenaza mediante su poder estabilizador, éstos también sirven de barrera para evitar el desbordamiento de los ríos y que estos causen daños en casas ubicadas a orillas de estos (Figura 19).

A continuación se muestran imágenes concernientes a las obras realizadas.



**Figura 19.** Obras de Mitigación en las cercanías de la comunidad La Mohosa.

### **5.5 Ruta de evacuación**

En el municipio de La Conquista-Carazo existen corrientes temporales y permanentes que en condiciones de fuertes precipitaciones pueden desbordarse y aislar a algunas comunidades por lo que se tiene que conocer la situación en la que se encuentran éstas y la facilidad que poseen a poder evacuar las zonas de riesgo.

Considerando que en algunas comunidades se encontraron huellas de deslizamientos y que otras están bajo amenaza por el desbordamiento de algunos ríos, a continuación se especifica la situación en la cual se encuentran las diferentes comunidades y los posibles caminos que los pobladores de estas deben de seguir para evitar la pérdida de vidas humanas.

La comunidad de Santa Rita El Mojón, El Abra y Las Enramadas están ubicadas cerca de dos cursos de agua temporales; estas corrientes no presentan peligro para estas comunidades, los perjuicios se limitan a dejar a las comunidades aisladas por la incursión de las corrientes sobre el camino que va del municipio de La Conquista hacia las Enramadas el cual también presenta un tramo en mal estado por lo cual



imposibilitaría la entrada o salida de vehículos en tiempos de lluvias para la evacuación de los pobladores.

El río La Conquista pone en riesgo a las comunidades de San Juan y La Francesa pues están ubicadas cerca de este curso de agua, el cual suele tomar mucho caudal cuando ocurren fuertes precipitaciones, esta situación aísla a San Juan de La Francesa, estas comunidades cuentan con caminos de todo tiempo por lo que pueden alejarse sin dificultad del cauce del río hacia otras comunidades vecinas como la comunidad del Abra (para el caso de los pobladores de San Juan), y hacia Los Ranchos (para el caso de La Francesa). Piedra Pintada se encuentra cerca del Río El Recogedero el cual impide cualquier conexión con otra comunidad (Figura 20).

Las comunidades El Pedernal, queda incomunicado por los caudales del río La Flor en tiempos de lluvia, aunque este curso se encuentran relativamente lejos de la comunidad no presentando así peligro a los pobladores. Los Brasilitos quedan aislados de las demás comunidades porque sus vías de acceso se restringen al incursionar caudales temporales sobre sus caminos esta comunidad estaría limitada a alejarse del cauce del río El Naranjo.

La comunidad La Avellana y Tecomapita se encuentra muy cerca del curso de agua temporal río Tecomapa, el cual cierra el paso a esta comunidad en tiempos de lluvia excesiva por lo que los pobladores de esta zona solo pueden mantener la distancia entre estas corrientes

Cercanas a la comunidad de Los Brasil y La Mohosa transcurre la corriente temporal del Río La Mohosa, esta corriente corta sus vías de acceso. Cerca de la comunidad la Mohosa construyeron algunas obras de mitigación que evitan el desbordamiento de este río en caso de que las corrientes superaran la acción realizada por estas obras y debido al aislamiento en el que se encuentra esta comunidad lo más recomendable sería que los pobladores se alejaran del río a un mismo sitio a esperar la disminución del caudal o la ayuda brindada por defensa civil.

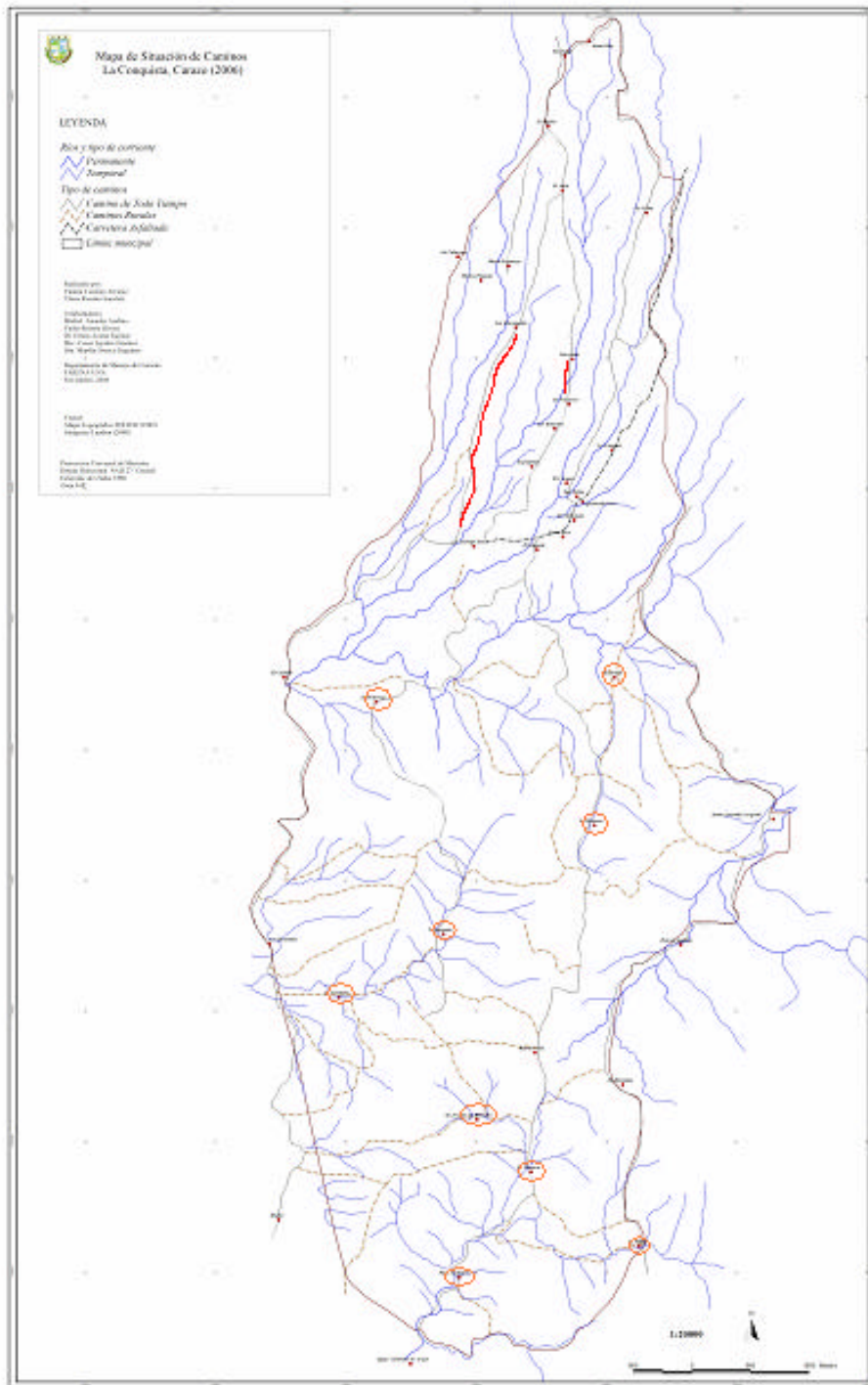


Las comunidades de Paso la Solera, San José de los Remates y La Chonca solo presentarían problemas de aislamiento por las corrientes temporales que las circundan e igualmente estas comunidades pierden contacto con otras por lo que sus medidas de precaución se verían limitadas al alejamiento de las corrientes que las circundan.

Las comunidades de La Ceiba, El Carmen, La Caridad, San Pablo, Quebrada Seca, El Chilamate, Costa Rica y El Gigante no presentan problemas con respecto a la evacuación pues cuentan con caminos de todo tiempo que se conectan con la carretera asfaltada y otras se encuentran a orillas de estas por lo que no tienen problemas con respecto a la ruta de evacuación.



**Figura 20.** Tramo de camino en mal estado La Conquista -Las Enramadas.



**Figura 21.** Mapa de situación de caminos y comunidades con problemas de evacuación por fuertes corrientes en tiempos de lluvia en el municipio de La Conquista Carazo.

## VI CONCLUSIONES

1. El municipio de La Conquista se encuentra en una región tectónicamente activa y de geología frágil; de acuerdo a la densidad de fracturas si se presentase un sismo contribuiría a la susceptibilidad a provocar deslizamientos.
2. La formación Rocas Intrusivas es la más inestable por coincidir con las áreas mas húmedas, pendientes de 30 45% o más, y mayor presencia de fracturas, se ubica en la parte sur del municipio y acá se encuentran los cerros más importantes.
3. Se comprobó en el campo que hay deslizamientos activos, las comunidades inmersas dentro del área vulnerable son: La Avellana, Tecomapita, San José de los Remates, Los Gomez, Las Lajitas, El Jabillo, Paso la Solera, entre otros, de esta forma se refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos
4. El factor intrínseco que más influye en la susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos es la pendiente (condicionante), y el factor extrínseco de mayor influencia es el conflicto de uso de tierra (detonante).
5. Se carece de un plan estratégico para la evacuación de las personas de los sitios vulnerables en situación de emergencia, pues el municipio no contaba con la información necesaria para la creación de un plan,
6. La evacuación de los pobladores se puede ver afectada por los aumentos del caudal de los cursos de agua temporales y permanentes y la incursión de estos en los caminos así como el mal estado de los mismos.
7. Los suelos con baja permeabilidad o impermeables, al limitar el paso del agua esta ejerce fuerte acción erosiva por lo que las formaciones Brito y Rocas Intrusivas presentaron los niveles más altos de erosión, el uso al que ha estado siendo sometido el suelo a aumentado la erosión en estas formaciones lo que evidencia la intervención antrópica

8. Las áreas potencialmente vulnerables a sufrir deslizamientos en el municipio de La Conquista se encuentran ubicadas en su mayoría en la parte sur del municipio, que es donde se encuentran los cerros más importantes del lugar como son; los cerros La Pitilla, Paso la Solera, Los placeres, san José de los Remates, Cerro Huiste, entre otros.
  
9. Según algunos estudios las pendientes mayores del 15 % poseen la suficiente inclinación para que en ellas ocurran deslizamientos de tierra y el 48% del área total del municipio presentan pendientes mayores que estas lo que es muy significativo para un municipio relativamente pequeño.

## VIII RECOMENDACIONES

1. Implementación y adopción de prácticas de conservación de suelos (barreras vivas, cultivo en curvas de nivel, reforestación.), en las áreas de pendientes donde se practique la agricultura, así como evitar desproveer al suelo de cobertura vegetal boscosa.
2. Impulsar proyectos de restauración de bosques con especies propias del lugar, donde se hayan presentados indicios de deslizamientos de tierra, y en lugares de altas pendientes con problemas de erosión por la eliminación de cobertura vegetal, esto en coordinación con la Alcaldía municipal y pobladores del lugar de incidencia.
3. Se recomienda realizar mantenimiento de los caminos rurales y de todo tiempo para evitar problemas de incomunicación entre comunidades, pues esto facilitara el proceso de evacuación.
4. Capacitar a la población sobre las acciones y medidas preventivas que deban de poner en práctica a la hora de suscitarse un evento de estos, para sobreguardar la calma y evitar más daños y pérdidas de cualquier índole.
5. Promover la organización de un grupo de ayuda comunitaria, y garantizar centros de albergue para comunidades que queden en aislamiento.
6. Construcción de obras de contención a orillas de ríos para evitar problemas de socavación y desbordamientos en sitios cercanos a comunidades o vías de acceso.
7. Realizar actividades de difusión de esta información en versión popular y concientización a pobladores.
8. Que la Alcaldía coordine actividades para compartir información entre pobladores y técnicos para elaborar planes estratégicos de evacuación.

9. Que la Alcaldía coordine actividades con pobladores y actores locales que ejercen influencia y que además puedan tener información disponible y conocimientos técnicos o empíricos que puedan contribuir a la elaboración de estos planes y/o actividades en el municipio de la Conquista, Carazo.

## Bibliografía

Aguilo, A. M. et al. 1984. Guía para la elaboración de estudios del medio físico; contenido y metodología. Madrid, España. 809 p.

Acuña, E. et al. 2006. Diagnostico de los suelos, vulnerabilidad a deslizamientos de tierra y recursos hídricos superficiales en el municipio de Santa Teresa, Carazo. Managua, Ni. 112 p.

Barrera, Y; Amador, M. 2008. Estado de los suelos y recursos hídricos superficiales del municipio de La Conquista, Carazo. Tesis de Ing. Managua, Ni. Universidad Nacional Agraria. 145 p.

Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. 1971a. Levantamiento de los suelos de la región pacífica de Nicaragua; parte I uso y manejo de suelos. Managua, Nicaragua

Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua.1971b. Levantamiento de suelos de la región pacífica de Nicaragua; parte II Descripción de suelos. Managua, Nicaragua.

CEPAL-BID. 2000. Un tema de desarrollo. La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. 63 p.

CNE. 2008. Deslizamientos. Disponible en sitio Web [http://www.crid.or.cr/crid/esp\\_mk\\_articulo\\_deslizamientos\\_tierra.shtml](http://www.crid.or.cr/crid/esp_mk_articulo_deslizamientos_tierra.shtml) Tomado el 6 de octubre de 2007.

COSUDE.1999. Evitemos vivir un desastre. 39 p.

COSUDE-ALARN. 2002a. Instrumentos de Apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgos Naturales en el Ámbito Municipal de Nicaragua; Guía para el Especialista. EDISA, Managua. 43 p.

COSUDE-ALARN. 2002b. Instrumentos de apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgo en el Ámbito Municipal de Nicaragua, Guía Para la Municipalidad. 1<sup>ra</sup> ed. Managua, Nicaragua. 114 p.

FAO. 1992. Erosión de suelos en América Latina: Predicción de la erosión de suelos. Disponible en sitio Web <http://www.fao.org/docrep/T2351S/T2351S05.htm#ElproyectoGLASOD-SOTER>. Tomado el 26 de agosto de 2007.

FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.

Felicísimo, A. Modelos digitales de terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Oviedo, España: Pentalfa Ediciones, 1994. 220 p.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FEDECAFE). Manual de Conservación de Suelos de laderas. Chinchiná, Bogotá D.C.: CENICAFE Ediciones, 1975. 267 p.

Gellert, G. et al. Gestión de riesgo en Centroamérica; iniciativas, actores y experiencias locales en el Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Guatemala, FLACSO, 2003. 224 p.

Gray, D.; Leiser, A. (1982) Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. New York: Van Nostrand Reinhold Company. 271 pp.

Hodgson, G. 1983. Fundamentos de la geología; relativo a Nicaragua. 2da ed. Managua, Nicaragua.

INETER. 2001. .Amenazas Naturales de Nicaragua. Managua. 1<sup>ra</sup> edición. 310 p

INETER. 2004. Evaluación de las amenazas geológicas e hidrometeorológicas para sitios de urbanización; casco urbano de Puerto Corinto. Municipio de Corinto, departamento de Chinandega. Managua, Nicaragua. Disponible en sitio Web [http://www.ineter.gob.ni/geofisica/proyectos/INVUR/INVUR%202004%20\(Fase%20III\)/0](http://www.ineter.gob.ni/geofisica/proyectos/INVUR/INVUR%202004%20(Fase%20III)/0)



[9.%20Corinto/Informe%20municipal/1.%20Informe%20Corinto.pdf](#). Tomado el 9 de noviembre de 2007.

INETER. 2005. Inestabilidad de laderas. Disponible en sitio Web. <http://www.ineter.gob.ni/geofisica/proyectos/metalarn/deslizamiento.pdf>. Tomado el 7 de septiembre de 2007.

INETER. 2006. caracterización geográfica del territorio nacional. Disponible en sitio Web <http://www.ineter.gob.ni/caracterizaciongeografica/capitulo7.5.html>. Tomado el 13 de noviembre de 2008

Jiménez, F. 2002. Maestría en manejo de cuencas hidrográficas, manejo de desastres naturales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 288 p.

Mao, E. 2006. Técnicas de análisis espacial. Disponible en sitio Web <http://www.fahce.unlp.edu.ar/academica/Areas/geografa/Catedras/tcnicasdeanlisisespacial/tecanaesp2006.pdf>. Tomado el 25 de marzo de 2009.

Mendoza, F; Gutiérrez, D. 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. Bogota, Colombia. 103 p.

Norbertt, F. 1989. Nicaragua: Geografía, Clima, Geología y Hidrología. Nicaragua.

OPS. 1998. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario; Guías para el análisis de vulnerabilidad. Washington, D.C. 110 p.

OAS. 1993. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Disponible en sitio Web <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/ch15.htm> tomado el 21 octubre de 2007.

OEA. 1991. Desastres Planificación y Desarrollo; Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Washington, D.C. 80 p.

Pérez, R. M; Rojas J. A .2005. Estudio de vulnerabilidad ante deslizamientos de tierra en la microcuenca Las Marías, en el municipio de Telica, León. Tesis Ing. Managua, Nic. Universidad Nacional. 95p.

Prater, C. 1996. Definition of policy and agenda for disaster prevention. En: Documento principal Del "Huracán Cesar; lecciones y opciones para el ordenamiento territorial y el desarrollo.

Ruiz, P. G, 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.

REVISTA CIENCIA (Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy). Hoy N° 51. Agricultura de Precisión: ¿Qué es un Sistema de Información Geográfica (SIG)? [en línea], septiembre 2002 [citado septiembre 2002]. Habilitado de Internet: <URL: <http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.0174B03E-61C3-475D-CD35755CCF71080/>.

Suárez, C. F. 1982. Conservación de suelos. 3a. ed., 2a. reimpresión. San José, Costa Rica: IICA, 315 p.

Tarback, E.; Lutgens F (1998).Una introducción a la geología física. Madrid, España. PRENTICE HALL. 6<sup>ta</sup> ed. 616 p.

Wheelock, R. J., Barquero, I. J., Cardenal, S. L., y Rodríguez, A. C. 2000. Desastres Naturales de Nicaragua. Managua. HISPAMER, 2000. 278p.

Wischmeier, W. H y Smith, D. D (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Science and Education Administration. 58 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