

CAPITULO



ANÁLISIS PRELIMINAR DE AMENAZAS

Para realizar estudios de riesgo en un territorio determinado es necesario primero dimensionar las amenazas en términos de su ocurrencia temporal y de su extensión espacial para, posteriormente, dimensionar también las vulnerabilidades que se encuentran en los elementos expuestos a las mismas. Expresado de otra forma, lo que necesitamos conocer de una amenaza es su peligrosidad, es decir, su probabilidad de ocurrencia en un determinado espacio y tiempo.

En el gráfico V.1 se representan las diferentes fases para una caracterización completa de riesgos.

Generalmente las amenazas principales, las que causan grandes desastres en el mundo, tienden a ser poco controlables, por lo que gran parte del esfuerzo de mitigación se dirige a reducir las vulnerabilidades. El presente estudio considera la caracterización de las amenazas como una herramienta para comprender los fenómenos

–naturales y/o siconaturales– que más frecuentemente afectan a los pobladores en Morazán, con el objeto de aportar elementos de utilidad para los diseñadores de políticas e intervenciones tendientes a reducir el impacto de dichas amenazas.

En este capítulo se presentan los resultados del estudio sobre las principales amenazas que existen en el departamento: **sequía e inestabilidad en laderas**, así como las amenazas inducidas por estas últimas, las **inundaciones**. Parte del trabajo desarrollado corresponde a la sistematización de la información histórica y bibliográfica que aparece en la literatura sobre amenazas en general y sobre sus impactos en el departamento de Morazán. Otra parte está constituida por las investigaciones de campo que se hicieron para el levantamiento de información primaria. Finalmente, a través del Sistema de Información Geográfico (SIG), se desarrolla el análisis territorial con la elaboración de los mapas.

GRÁFICO V.1: Componentes del riesgo e instrumentos para su gestión.



Modificado de Proyecto DIPECHO II/ Geólogos del Mundo.

La caracterización de parámetros ambientales y su influencia en los procesos de amenaza se ha estudiado a partir de las bases de datos y mapas ya existentes, elaborados por una gran diversidad de instituciones. Este background ha sido de gran utilidad y ha supuesto una compleja reelaboración para unificar la tipología de información y las escalas de representación. Al mismo tiempo, este cúmulo de información tan variado –y muchas veces desigual– define de algún modo el grado de confiabilidad de los resultados finales.

En el caso de la sequía se sistematizó la información existente y el análisis se centró en el impacto de la sequía del año 2001. Cabe subrayar que a pesar de que la sequía es el fenómeno que más afecta al departamento en términos de cantidad y magnitud de los daños a la población, no se pudo reflejar esta incidencia por falta de datos más completos. No obstante, se presentan algunos elementos que ayudan a comprender la naturaleza de su afectación en Morazán.

La sequía

De todos los desastres, los provocados por las sequías son los que tienen el mayor potencial de impacto económico y sobre un mayor número de personas. Los terremotos y ciclones pueden tener una gran intensidad física pero son de duración corta y su impacto geográfico es limitado; el número de muertes ocasionadas por la ocurrencia de esos fenómenos puede ser muy alto si resultan afectadas áreas densamente pobladas. En contraste, las sequías afectan grandes extensiones geográficas –llegando a cubrir países enteros o regiones de continentes– y pueden durar varios meses o, en algunos casos, hasta varios años. En cualquier caso tienen un impacto directo y significativo sobre la producción alimenticia y la economía en general (PNUD, 1991)².

La percepción que la sociedad tiene del nivel de disponibilidad de agua puede ser muy variable, según la duración del fenómeno y las áreas y grupos sociales que afecte. Técnicamente se define la sequía

Asimismo, se realizó un análisis de los factores condicionantes y desencadenantes de los procesos de amenaza por inestabilidad en laderas en varios puntos del departamento y también en la microcuenca del río Yamabal. En esta última, se analizaron las implicaciones de las inestabilidades de ladera en la ocurrencia de inundaciones¹.

Los datos obtenidos sobre la inestabilidad de laderas fueron extrapolados a todo el territorio departamental a través del SIG.

Es necesario advertir que los resultados sobre amenazas son parciales, en el sentido que se realiza un análisis espacial, pero no se desarrolla completamente un análisis temporal que determine períodos de retorno y probabilidad de ocurrencia. Esto se debe a la parcialidad de los datos existentes y a la imposibilidad de desarrollar modelos en el corto período de tiempo del que se dispuso.

como la reducción de la disponibilidad de agua por debajo del 80% del promedio de los últimos veinte años.

En determinadas regiones hay una conexión entre



¹ El proceso metodológico se resume en este capítulo y puede encontrarse de forma más extensa en el Anexo 5.

² Según la OFDA (Oficina de los Estados Unidos para la asistencia a los desastres en el exterior) entre 1980 y 1989 han sido afectadas más de 101 millones de personas en el mundo por sequía o escasez de alimentos. (PNUD, 1991).

las sequías y la fuerte deforestación, ya que esta última influye sobre la infiltración y recarga de acuíferos y, a largo plazo, sobre el régimen de precipitaciones.

En Centroamérica la sequía experimentada es de tipo meteorológico principalmente y en los últimos años ha sido el resultado del fenómeno climatológico conocido como El Niño. Algunos planteamientos recientes señalan que existen importantes razones para creer que el comportamiento de los fenómenos naturales, incluyendo El Niño, no es totalmente independiente de la acción humana. Entre las causas locales se cuentan los cambios provocados por el ser humano, resultantes de la pérdida de cubierta vegetal por el pastoreo excesivo y la deforestación. Tales cambios pueden ser recurrentes y perpetuar las condiciones de sequía (PNUD, 1991).

El efecto invernadero y el calentamiento global explican cambios climáticos que por el momento resultan inexplicables para los científicos (CEPRODE, 1997). Liverman (1996) plantea que los cambios climáticos por el calentamiento global podrían

afectar la vulnerabilidad a sequías.

En El Salvador los efectos de El Niño se traducen en períodos de sequía que disminuyen la producción de granos básicos, de los cultivos permanentes y de la pesca, así como la generación hidroeléctrica. Con relación a los granos básicos –un cultivo dirigido mayoritariamente hacia el autoconsumo– una caída en su producción, no solo afecta los ingresos de la población rural, sino también la disponibilidad de alimentos para el consumo familiar. En consecuencia, El Niño y las sequías en general, pueden tener impactos sobre el nivel nutricional de la población rural (CEPRODE, 1997).

La sequía en Morazán

De los tres tipos de sequía definidos, la sequía agrícola –conocida localmente como la canícula– es la más frecuente en el departamento de Morazán. Es un evento que ocurre casi todos los años, sólo con variaciones en su duración (llegando a superar 30 días sin lluvias significativas) y en su extensión geográfica.

Tipos de sequía

La Oficina de las Naciones Unidas para el Socorro en casos de Desastres (PNUD, 1991) identifica tres tipos de sequía:

- **Meteorológica:**
Reducción de la precipitación por debajo del promedio a lo largo de varios años; tiene en cuenta principalmente los datos de precipitación disponible.
- **Hidrológica:**
Reducción de los recursos hídricos (flujos de ríos, nivel de agua en los pozos, mantos acuíferos, etc.); para su estudio son necesarios datos de disponibilidad y tasas de consumo del agua.
- **Agrícola:**
Relativa al impacto que las dos primeras tienen sobre el entorno de las actividades productivas agrícolas; en función del tipo de cultivos, de las técnicas empleadas, del tipo de suelos, etc. Este tipo de sequías se relaciona con los impactos sobre la producción y depende también de las características fisiológicas de los cultivos.

Sequía meteorológica

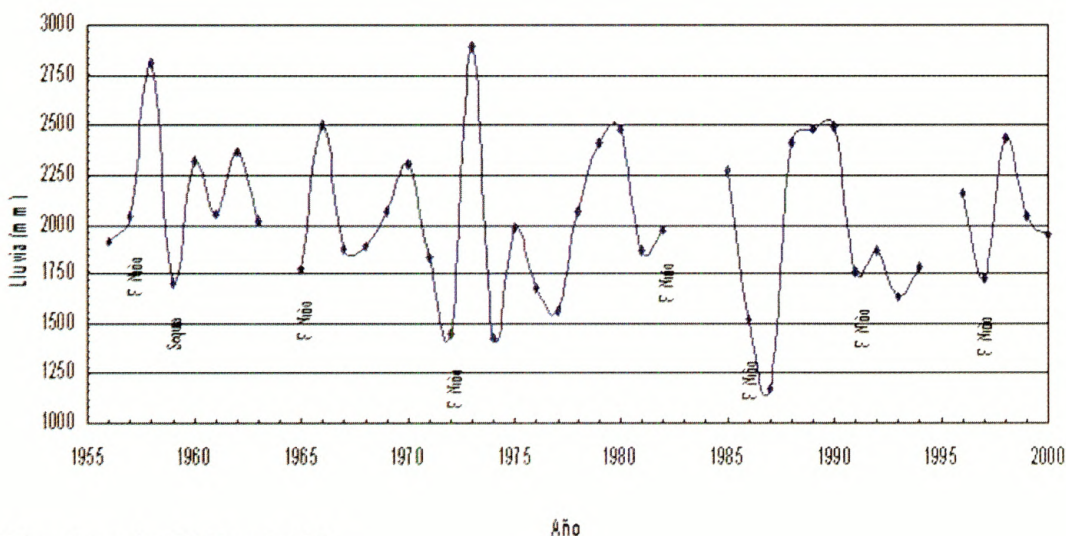
Los datos recolectados en la estación de San Francisco Gotera (gráfico V.2) muestran la ocurrencia periódica de las sequías meteorológicas, en algunos casos asociadas con el fenómeno El Niño. Asimismo, la estación ofrece información sobre las fuertes oscilaciones de los totales anuales de precipitaciones que indican la irregularidad de las lluvias a lo largo de los años.

Sequía hidrológica

En el caso de Morazán, los efectos prácticos de la sequía hidrológica se manifiestan generalmente meses después de la época lluviosa. La carencia de datos más completos no permite identificar cuando las sequías meteorológicas se traducen en sequías hidrológicas. Según los datos mostrados en la caracterización hidrogeológica del departamento (capítulo IV), es probable que la relación entre las magnitudes de las sequías meteorológicas y las sequías hidrológicas no sea lineal.

El interés primordial en el conocimiento de las sequías hidrológicas está relacionado con la disminución de la cantidad de agua disponible para los sistemas de agua potable. Dado el crecimiento de la población y los limitados recursos hídricos

Serie de Precipitación Total Anual 1957-2000, San Francisco Gotera



Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002

Fuente: MAG, 2001.

permanentes en el departamento, sería conveniente monitorear los caudales que nutren las fuentes principales de agua potable para contar con criterios adecuados de manejo de estos recursos.

Sequía agrícola

En el capítulo IV se presentó un análisis de datos de precipitación de la estación meteorológica de San Francisco Gotera donde se mostró, como uno de los patrones de precipitación, la existencia de períodos con ausencia absoluta de lluvias o bien con precipitaciones notablemente menores que las requeridas por las tasas de evapotranspiración potencial.

El mes de julio es el más propenso a experimentar estos períodos de menor o nula precipitación y es el mes donde el déficit de disponibilidad de agua para los cultivos puede afectar la cosecha de la primera siembra de maíz, ya que coincide con la fase final de la misma. La canícula hace referencia a este fenómeno anual y en años extremos como los de 1987 y 2001, cuando fue afectada la producción de granos básicos en todo el departamento, se habla de sequía.

Como se menciona anteriormente los efectos de la

sequía en Morazán no sólo tienen que ver con las distribuciones de la precipitación, sino también con otros factores estructurales del departamento, el más importante de los cuales es la tipología de suelos, mayoritariamente superficiales en zonas de altas pendientes y con poca capacidad para la infiltración.

La falta de una red local de pluviómetros no permite cartografiar el comportamiento temporal y espacial de la canícula, dificultando, por tanto, la posibilidad de establecer la intensidad del déficit y su extensión geográfica, que varían anualmente y afectan la producción en función de los tipos de cultivos.

El sur del departamento es más propenso a sufrir "las canículas"³, pero en años extremos, como 1987 y 2001, todo el departamento resultó afectado.

Efectos de la sequía del 2001 en Morazán

En el año 2001 la producción de granos básicos se vió afectada en todo el departamento por las reducidas precipitaciones caídas durante el mes julio. En el norte del departamento las pérdidas promedio

³ Según la dirección General de Recursos Naturales del MAG (ADEL/PODERE, 1995) los municipios más afectados por las sequías son: Cacaopera, Lolotiquillo, Chilanga, Sociedad, San Francisco Gotera, San Carlos, Guatajiagua, Yamabal, El Divisadero, Jocoro, Delicias de Concepción y Osicala.

reportadas se situaron entre el 50 y el 75% de la cosecha normal y en el sur entre el 75 y el 100%⁴. Una hipótesis para la interpretación de la sequía del 2001, es que se trató de un evento extremo de la canícula que ocurre anualmente, así como el huracán Mitch fue un evento extremo dentro de los patrones de precipitación.

La afectación más alta en el sector sur del departamento ha sido analizada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a través del levantamiento de información⁵ sobre pérdidas en la producción en seis municipios, que tradicionalmente son los que reciben el impacto de las canículas. En estos municipios, como en casi todo el departamento, la mayoría de los hogares se dedica a la agricultura, tal y como queda reflejado en el cuadro V.1.

En el cuadro V.2 se observa que en dichos municipios, las pérdidas en la producción agrícola son sufridas principalmente por los hogares con jefatura masculina.

Un primer análisis lanzaría la hipótesis de que los hogares administrados por mujeres no se dedican principalmente a la producción agrícola y/o poseen menos cantidad de tierra y de cultivos, razones por las cuales reflejan menores pérdidas.



Aunque los hogares con jefatura masculina prevalezcan en la zona y representan el porcentaje mayor de los hogares cuya producción ha sido afectada, sería necesario profundizar en los impactos indirectos de la sequía sobre otras actividades generadoras de ingresos que se realizan en estos hogares. Así, considerando los datos de los promotores de salud, los hogares jefeados por mujeres representan entre el 20 y el 30% de los hogares de estos seis municipios, por lo que sería importante profundizar sobre las actividades económicas desarrolladas en estos hogares y el efecto directo o indirecto de la sequía en ellas. Por ejemplo, la producción de pupusas y tortillas, una actividad

CUADRO V.1: Porcentaje de hogares con y sin actividades agropecuarias en los municipios del sur de Morazán más afectados por las canículas.

MUNICIPIO	Jefatura de hogares con pérdida de producción	
	FEMENINA	MASCULINA
El Divisadero	9%	91%
Guatajiagua	12%	88%
Jocoro	19%	81%
San Carlos	21%	79%
Sensembra	19%	81%
Yamabal	19%	81%

Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002
Fuente: MAG, 2001

CUADRO V.2: Jefatura de los hogares con pérdidas en la producción agrícola en los municipios del sur de Morazán, en porcentajes.

MUNICIPIO	Jefatura de hogares con pérdida de producción	
	FEMENINA	MASCULINA
El Divisadero	9%	91%
Guatajiagua	12%	88%
Jocoro	19%	81%
San Carlos	21%	79%
Sensembra	19%	81%
Yamabal	19%	81%

Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002
Fuente: MAG, 2001

⁴ Datos recopilados por la Ong PADECOM-San Miguel en la zona norte de Morazán.
⁵ Diagnóstico sobre los efectos de la sequía en el oriente de El Salvador. Mimos, MAG, 2001.

económica informal típicamente desarrollada por mujeres que requiere de maíz como insumo principal, se ve indirectamente afectada por el aumento de los precios de este producto como consecuencia de la sequía.

Otro factor que podría haber incrementado la vulnerabilidad del sector sur del departamento frente a la sequía del 2001 es la baja presencia de granos almacenados en el área, resultado de la escasa producción y/o la baja disponibilidad de sistemas de almacenamiento de granos en la zona, como se evidencia en el mapa V.1.

La sequía afecta especialmente a pequeños agricultores empobrecidos que por su misma condición no tienen capacidad para costear un sistema de almacenamiento como silos o cuya producción apenas alcanza para el autoconsumo. El conjunto de estos elementos, convierte a los pro-

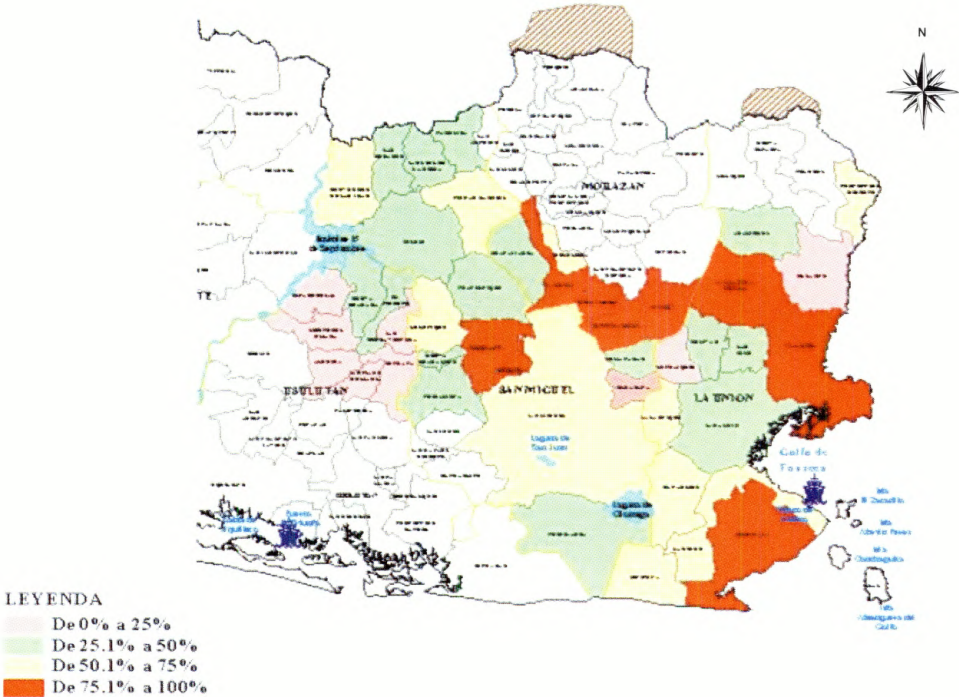
ductores de los municipios mencionados en una población con una alta vulnerabilidad frente a sequías, tal y como revelan los datos sobre el impacto de la sequía del 2001 en la producción. Efectivamente, el porcentaje de producción afectada fue muy elevado, como se ilustra en el cuadro V.3.

CUADRO V.3: Porcentaje de superficie y producción afectada por la sequía del 2001 en los municipios del sur de Morazán.

MUNICIPIO	SUPERFICIE AFECTADA	PRODUCCION DAÑADA
El Divisadero	97%	97%
Guatajiagua	98%	84%
Jocoro	96%	96%
San Carlos	-	91%
Sensembra	100%	81%
Yamabal	100%	85%

Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002
Fuente: MAG, 2001

MAPA V.1: Porcentaje de productores sin granos almacenados en los municipios afectados por el déficit de lluvia.



Fuente: MAG, 2001
Escala: 1:100000

La magnitud de las pérdidas que registran los datos anteriores, permite calificar la sequía agrícola del año 2001 como un desastre, en particular para la población que no posee otras alternativas de sobrevivencia diferentes a la producción agrícola. Aún queda como tarea pendiente registrar sus implicaciones en la salud de la población, principalmente sobre los niveles nutricionales y el consumo calórico.

CUADRO V.4: Porcentaje de la población menor de 18 años de los municipios del sur de Morazán más afectados por la sequía.

MUNICIPIO	Población menor de 18 años	
	MASCULINO	FEMENINO
El Divisadero	48%	52%
Guatajiagua	48%	52%
Jocoro	46%	54%
San Carlos	49%	51%
Sensembra	45%	55%
Yamabal	48%	52%

Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002
Fuente: MAG, 2001

Considerando la magnitud de las pérdidas en estos municipios, es posible prever repercusiones de distinto tipo en la mayoría de la población menor de edad (ver cuadro V.4) -especialmente entre menores de 5 años- que constituye un alto porcentaje de la población de estos municipios. En Sensembra la población menor de 18 años representa el 59% de la población total (CORDIM, 1999). Los menores de 14 años representan el 39.5% en El Divisadero, el 37.2% en Jocoro, el 40.3% en San Carlos y el 42.5% en Sociedad y en Yamabal (ADEL / PRODERE, 1995).

Los posibles efectos de una baja en la producción pueden apreciarse a mediano plazo en el estado de nutrición de los menores de 5 años en los cantones de estos municipios. Por ejemplo, entre los municipios anteriores, de acuerdo al Diagnóstico de Seguridad Alimentaria y Manejo de Recursos Naturales realizado por la FAO (FAO, 1996), los municipios de Yamabal, Sensembra y Jocoro se ubican en la categoría de Muy Alta en la prevalencia de retardo en talla. Además, Sensembra y Yamabal se encuentran entre los municipios identificados por la FAO como de alto riesgo de inseguridad alimentaria.

Finalmente, para definir una estrategia que contemple acciones mitigadoras de los impactos de las sequías, es de suma importancia analizar las implicaciones sociales y ambientales de este fenómeno, profundizando en las estrategias y/o mecanismos de respuesta de la población. Es importante, sin duda, conocer en qué medida la sequía agrícola constituye un factor que empuja a las migraciones internas y externas; si favorece la concentración de aquellas tierras afectadas mediante su venta a los sectores más solventes; si motiva a los agricultores a incrementar el área sembrada para compensar los bajos rendimientos propios de los años de sequía; y si motiva a dejar de sembrar a aquellos productores que poseen otras alternativas para su subsistencia.

Resulta también de gran utilidad determinar la existencia de una suerte de aceptación o convivencia de la población rural con los efectos de la sequía -convivencia con el riesgo. Por ejemplo, cuando las expectativas se centran en la segunda cosecha y no se esperan mayores rendimientos de la primera, ya que ésta coincide con el período más frecuentemente afectado por el déficit de lluvia.



Las amenazas por inestabilidad en laderas

Conceptos básicos sobre inestabilidad en laderas

Cada año los deslizamientos de tierra representan una grave amenaza para los asentamientos humanos. El término “landslides”, o su traducción “deslizamientos de tierra”, se ha usado para denominar una gran variedad de fenómenos de inestabilidad y procesos relacionados al movimiento de descenso de masas de suelo y roca por influencia de la gravedad. El proceso incluye tanto un movimiento de ladera abajo como el desplazamiento lateral de material. Pueden incluso producirse movimientos ladera arriba, como ocurre cuando un deslizamiento masivo en su movimiento gravitacional cruza el fondo de un valle y acumula derrubios hacia arriba en la ladera opuesta.

Los fenómenos de inestabilidad en laderas usualmente son provocados por intensas tormentas, terremotos y/o erupciones volcánicas, aunque están mucho más diseminados que esas



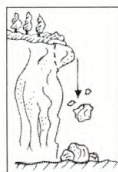
amenazas y con el tiempo causan más daño a la propiedad que cualquier otro evento geológico. A su vez, pueden desencadenar otros procesos que podrían constituir una amenaza, como es el caso de inundaciones ocasionadas por el taponamiento de

TIPOLOGÍA DE INESTABILIDAD EN LADERAS

Vuelco o desplome: rotación de una masa de suelo, detritos o roca hacia adelante o hacia la parte externa, lo cual involucra inclinación o basculamiento, pero no colapso. Suelen ocurrir en materiales que presentan un sistema de discontinuidades preferencial como diaclasas, grietas de tensión o superficies columnares.



Desprendimientos: también denominados derrumbes o caída de rocas. Son movimientos de material que se producen cuando una masa de roca se separa de un talud siguiendo un recorrido a través del aire, es decir, sin estar en contacto con la superficie de rotura.



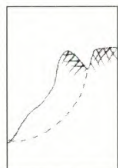
Se trata de movimientos muy rápidos y una sola roca grande puede causar grave daño. Son frecuentes en caminos empinados, acantilados o arrecifes escarpados y socavados por algún agente externo, como el oleaje marino en las regiones costeras.

Deslizamientos: denominados también deslaves. Resultan del movimiento descendiente de una masa de suelo y/o roca a través de una o varias superficies de rotura, sin que se pierda el contacto entre el substrato y la masa que se desplaza. El material deslizado puede quedar intacto o romperse. Los

deslizamientos tienen un rango de velocidades muy variable de lento a rápido. Según la morfología de la superficie de rotura se clasifican en dos tipos:



Deslizamientos traslacionales: si la fractura es plana o ligeramente ondulada; generalmente se producen siguiendo superficies de discontinuidad y por el diferente comportamiento plástico de los materiales.



Deslizamientos rotacionales: cuando la superficie de rotura es curva y/o cóncava.

quebradas.

Los procesos involucrados en los movimientos de tierra se clasifican de formas diversas. Si se refiere a los materiales que componen un deslizamiento de tierra, se divide en dos grupos: movimientos en lecho de roca o movimientos de suelo (tierra y materia de desecho orgánico). Atendiendo al tipo de movimiento y a la relación entre el sustrato rocoso y la masa desplazada, las inestabilidades de ladera se pueden clasificar en tres grandes tipos: desprendimientos, deslizamientos y flujos (Ver detalle en ampliación).

El equilibrio de una ladera o cualquier talud de material, está determinado por la relación entre la resistencia y el esfuerzo cortante. Este último tiende a producir el movimiento del terreno, mientras que la resistencia tiende a impedirlo. Los procesos de inestabilidad en laderas ocurren cuando el esfuerzo cortante es mayor que la resistencia.

Los **factores condicionantes** son de carácter natural y establecen las características resistentes de las laderas. Estos factores son el tipo de material del suelo, las estructuras tectónicas presentes, la cubierta vegetal, entre otras.

Los **factores desencadenantes**, en cambio, son los

que permiten un aumento del esfuerzo cortante y producen variaciones en las condiciones de estabilidad, rompiendo el equilibrio. Los factores desencadenantes pueden ser de tipo natural o antrópico:

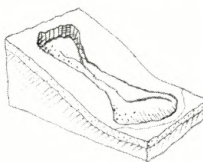
- Erosión del material de base de la pendiente, que puede ser causada por acción de la corriente de los ríos, olas o por actividades desarrolladas por el ser humano, como la construcción de carreteras, caminos, viviendas o reservorios de agua (para generación de energía, riego u otros).
- Deforestación y tala indiscriminada de la masa vegetal o incendios que provocan una pérdida de protección en el suelo, lo cual favorece el impacto erosivo de las gotas de lluvia, así como una reducción de la capacidad de infiltración lenta del agua en los acuíferos y un incremento de los caudales en las corrientes superficiales.
- Altas precipitaciones que provocan una excesiva saturación del suelo, lo que conlleva el aumento del peso de la masa del terreno y, consecuentemente, un aumento del esfuerzo cortante.
- Los movimientos sísmicos que causan aceleraciones verticales y horizontales sobre la

Propagación lateral: se trata de grandes bloques de tierra que se mueven horizontalmente separándose del sustrato original. La propagación lateral ocurre en pendientes suaves, usualmente de menos de 6 por ciento, y generalmente los desplazamientos son de 3 a 5 metros, pero pueden moverse desde 30 a 50 metros cuando las condiciones son favorables. El proceso puede ser causado por licuefacción, o sea, cuando la arena o el sedimento suelto y saturado pierden la cohesión por completo.

Reptación: movimiento lento del suelo generalmente en zonas de pendientes pronunciadas que indica una orientación a la inestabilidad. Este movimiento puede apreciarse en el crecimiento de la vegetación de una zona, donde los árboles presentan curvaturas en la base de sus troncos o ramas principales.



Flujos de lodo (mud flows) o flujos de rocas (debris-flow): son movimientos de masa continuos en los cuales las superficies de rotura no son claras ni están bien definidas. Se diferencian de otro tipo de inestabilidades por su alto contenido en agua y por el efecto que ésta ejerce sobre los materiales



removidos. El material desplazado no mantiene la forma original, adoptando normalmente morfología lobulada y dando como resultado la deposición de conos de deyección. Existen multitud de tipos de flujos según el contenido en agua y la cohesión de los materiales afectados, aunque en todos ellos el agua es un elemento básico. La velocidad de

ocurrencia de un flujo de lodo o rocas es muy alta y puede afectar extensiones de varios kilómetros.

Un **lahar** es un flujo de lodo o de detritos que se origina en la pendiente de un volcán y que puede ser activado por las lluvias, por la fusión repentina de la nieve o los glaciares en caso de erupción, o por el agua que fluye de los lagos de los cráteres.

masa de terreno, lo cual altera el equilibrio de fuerzas que la mantienen estable; o como consecuencia de la licuefacción que altera la cohesión de los materiales de una ladera. Es por ello que los movimientos sísmicos normalmente son acompañados por deslizamientos o derrumbes.

En este estudio se investigaron los factores condicionantes y algunos factores desencadenantes para identificar su grado de influencia o importancia en el desarrollo de inestabilidades en el departamento de Morazán.

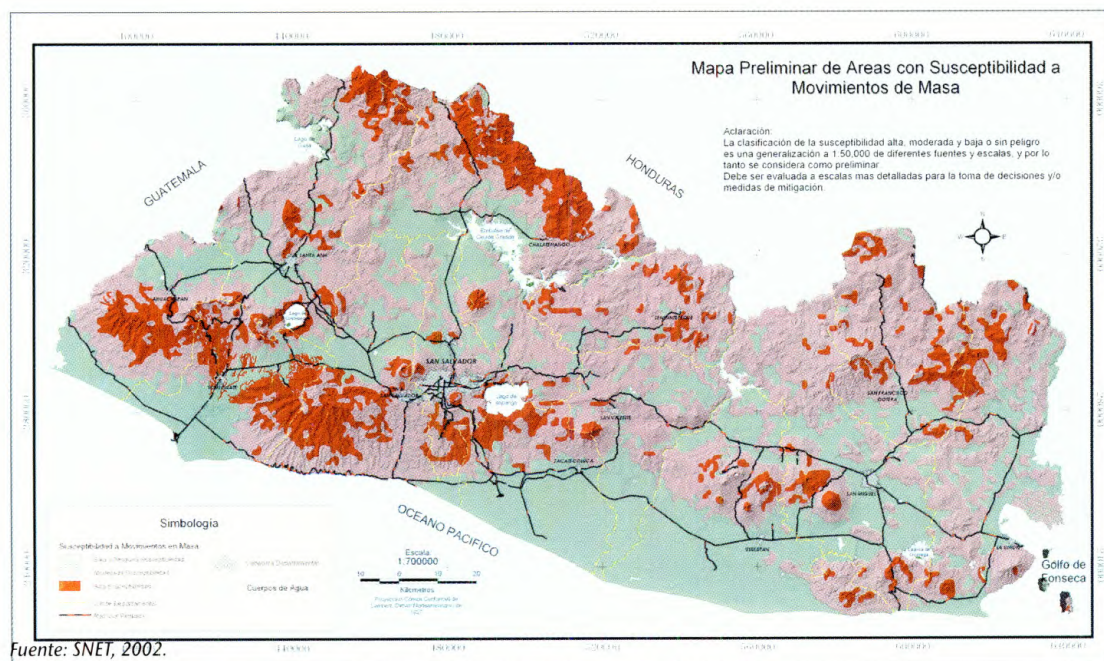
Procesos de inestabilidad en laderas en Morazán

Los procesos de movimiento en laderas en El Salvador se han producido históricamente en dos grandes franjas del territorio: en la cordillera volcánica, por la acumulación de materiales volcánicos jóvenes poco consolidados, y en la cordillera norte, donde los relieves quebrados se combinan con los materiales antiguos, intensamente alterados y fracturados, dando lugar a condiciones propicias para la inestabilidad. Así lo refleja el Mapa Preliminar de Áreas con Susceptibilidad a Movimientos en Masa (mapa V.1), del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET, 2002).

El departamento de Morazán tiene la mayor parte de su territorio en la unidad geomorfológica de la cordillera norte y es una de las áreas con mayor potencialidad para la ocurrencia de procesos de movimientos en ladera del país. Los procesos de inestabilidad de grandes dimensiones son desencadenados por fenómenos repentinos, como lluvias intensas (por ejemplo, con el huracán Mitch) o sismos de gran magnitud (terremotos de enero y febrero del 2001).

En Morazán la interrelación entre la configuración del medio natural, los patrones de precipitación y las diversas acciones antrópicas que modifican las condiciones y morfología de las pendientes, son los factores que pueden dar lugar a los movimientos de ladera de mediana y pequeña magnitud. Estos producen efectos adversos en áreas pequeñas pero con un impacto relativo muy alto para la población. El mapeo realizado por 15 Comités de Emergencia Municipales en el departamento, permitió identificar 242 puntos con inestabilidades de ladera en áreas rurales donde se asientan alrededor de 1,756 familias. Dichas inestabilidades afectan diversas infraestructuras: escuelas y/o viviendas ubicadas en esas zonas, caminos rurales y carreteras que sufren deslizamientos y/o provocan aislamiento temporal de las comunidades.

MAPA V.2: Mapa preliminar de Areas con Susceptibilidad a Movimientos de Masa.



Atendiendo a esta realidad se desarrollaron estudios específicos para un análisis espacial de la amenaza en todo el departamento, que concluyeron en la elaboración de los mapas de susceptibilidad a inestabilidad en laderas. La identificación de áreas susceptibles o potencialmente inestables se realizó como una primera fase que serviría para establecer los rangos de peligrosidad en términos de períodos de retorno y probabilidad de ocurrencia en futuras investigaciones.

Aunque por sí solos los resultados del estudio pueden constituir herramientas de utilidad para la valoración de las componentes del riesgo, es importante enfatizar su aporte metodológico para desarrollar futuras investigaciones, tanto para la validación de los mapas preliminares de susceptibilidad a movimientos de ladera presentados en este capítulo, como para la ampliación con análisis de peligrosidad.

El valor agregado de esta metodología está relacionado con el bajo costo de las investigaciones de campo y su utilidad. Sucede que cuando el evento potencialmente amenazante puede afectar grandes infraestructuras, se justifica más la inversión –por lo regular alta– en estudios e intervenciones, y viceversa: si no se avizoran daños importantes, por lo general no se realizan las investigaciones. En este caso, si bien los procesos de inestabilidad de laderas no amenazan grandes infraestructuras, el conjunto de los pequeños eventos sí afecta a la socioeconomía local. Así pues la eficacia-costo de la metodología propuesta es muy alta, al posibilitar una base importante para la planificación territorial, como es el estudio de amenazas, en un entorno donde no se tiene análisis detallado al respecto.

Metodología desarrollada para el análisis de susceptibilidad a inestabilidades en laderas.

El análisis de susceptibilidad se basa en un estudio detallado de todos los factores condicionantes de la inestabilidad y en la determinación de su grado de influencia en cada una de las zonas de estudio. Permite identificar las áreas afectadas y aquellas potencialmente inestables, es decir, aquellas donde confluye una serie de factores que las hacen proclives a la inestabilidad.

En el estudio se utilizó la metodología de los “Círculos de Susceptibilidad”⁶, por contar con las

siguientes ventajas:

- Permite evaluar la inestabilidad potencial relativa en una zona amplia
- Es aplicable a cualquier contexto geográfico
- Hace posible la ponderación y representación gráfica de los factores que determinan la inestabilidad para cada tipo de mecanismo de rotura.

Se optó por aplicar en primer lugar, los círculos de Susceptibilidad a una zona reducida, la microcuenca del río Yamabal, donde se profundizó en los aspectos de caracterización biofísica a partir de los nuevos datos obtenidos con los estudios geológicos de detalle y donde se establecieron las características de los factores condicionantes de inestabilidad.

Posteriormente, con el SIG fue posible la extrapolación de los datos de la microcuenca a todo el territorio departamental y la elaboración de los mapas preliminares de susceptibilidad a inestabilidad en laderas del departamento de Morazán. Cabe señalar que la aplicación a nivel departamental no ha sido solamente analítica con el tratamiento del SIG, si no también con investigación de campo que se desarrolló en diferentes puntos fuera de la microcuenca. Sin embargo, vale aclarar que el nivel de precisión logrado para la susceptibilidad en el departamento, está en función de los mapas base utilizados en la fase de cruce de datos (ver apartado sobre el SIG en el capítulo III).

Fases del estudio

Ubicación del área para el estudio de caso. La microcuenca del río Yamabal, en el sector sur poniente de Morazán, se consideró representativa para la ponderación de los factores condicionantes de inestabilidad, atendiendo a criterios tales como sus características morfológicas, la importancia como recurso hídrico, su ubicación geográfica y la disponibilidad de datos secundarios existentes, entre otros.

Inventariado de campo de los procesos de inestabilidad. El levantamiento de información geológica en campo permitió identificar dos tipos principales de inestabilidades: los desprendimientos y los deslizamientos traslacionales.

⁶ El detalle sobre esta metodología puede verse en el Anexo 5.

Elaboración de cartografías de los factores condicionantes (mapas temáticos) para la zona del estudio de caso. La caracterización ambiental se realizó con base en la cartografía ya existente (ver capítulo IV y anexo 5) y para algunos casos, como la vegetación, se levantaron datos primarios.

Realización del mapa geomorfológico y representación del inventario de movimientos de ladera a escala 1:25,000.

Ponderación de factores condicionantes, con círculos de susceptibilidad, que intervienen en áreas potencialmente afectadas por procesos de inestabilidad. La ponderación de los factores condicionantes a través de los círculos de susceptibilidad permitió valorar la influencia que cada uno de ellos tiene sobre los procesos de inestabilidad.

Reelaboración de los mapas temáticos con el SIG, atribuyendo a cada rango del factor considerado, el peso con el que contribuye al proceso de inestabilidad, según la ponderación realizada con los círculos de susceptibilidad.

Elaboración de los mapas de susceptibilidad a inestabilidad en laderas, a partir de la superposición de los mapas temáticos, por desprendimientos y deslizamientos traslacionales a escala 1:25,000, en la zona del estudio de caso y en el departamento de Morazán, donde se representan los diferentes grados de susceptibilidad.

Paralelamente se desarrolló un análisis de precipitaciones en la zona de estudio de caso para determinar los caudales máximos, periodos de retorno de grandes avenidas y una delimitación de áreas inundables. Aunque los datos disponibles no permitieron desarrollar un modelo fiable, sí se consiguió cartografiar las inundaciones producidas por las avenidas de los años 1998 (Mitch) y 1999, así como investigar la relación entre los procesos de inundaciones y los de inestabilidad en laderas.

Resultados del análisis preliminar de susceptibilidad a inestabilidades en laderas

En Morazán se han identificado dos tipos principales de inestabilidades en laderas: desprendimientos o derrumbes, y deslizamientos o deslaves. No se ha estudiado la susceptibilidad a los diferentes tipos de flujos, ya que este proceso no está generalizado en el territorio.

El resultado del análisis se presenta en cuatro mapas preliminares de susceptibilidad a inestabilidad en laderas a escala 1:25,000:

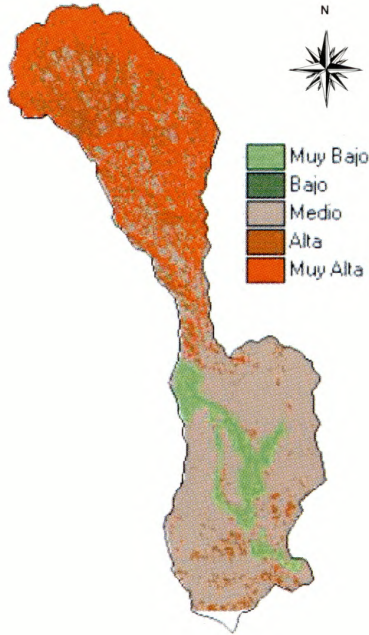
- Dos mapas para los desprendimientos rocosos, uno de la microcuenca del río Yamabal y otro del departamento.
- Dos mapas para reflejar la susceptibilidad del terreno a los deslizamientos traslacionales, igualmente para los dos ámbitos territoriales.



En estos mapas se han representado cinco rangos de “predisposición” de los terrenos a movilizarse. Los rangos más altos indican aquellas áreas donde es más probable que, bajo los efectos de factores desencadenantes (frecuentemente precipitaciones intensas) se desarrollen procesos de inestabilidad⁷. Los mapas están basados en el estudio de las condiciones que hacen propicio un terreno a ser inestable y permiten la identificación de áreas potencialmente peligrosas.

Para determinar la peligrosidad en términos de temporalidad de ocurrencia y magnitud de los eventos, en el futuro deben desarrollarse estudios de detalle, basados en el análisis específico de los factores desencadenantes, en aquellas zonas señaladas como de alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidades, y especialmente, donde el registro histórico indique la ocurrencia de estos fenómenos.

MAPA V.3: Mapa de susceptibilidad a desprendimientos en la microcuenca del río Yamabal.



Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002.

Fuente: MARN, IGN, 2001.

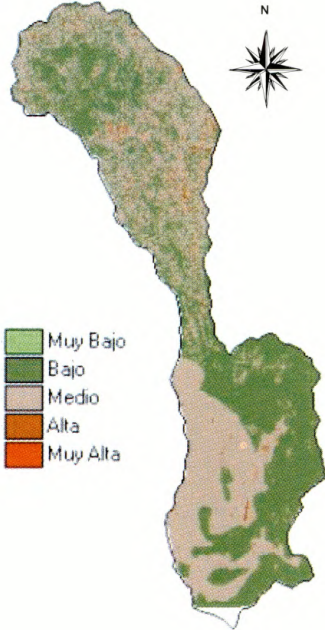
Escala: 1:25000

Susceptibilidad a desprendimientos y deslizamientos traslacionales en la microcuenca del río Yamabal

En las inestabilidades clasificadas como desprendimientos, las pendientes y la litología son los factores condicionantes de mayor intervención, mientras que el factor desencadenante principal es representado por las lluvias.

El mapa V.3 muestra que esta problemática puede ser frecuente. Las áreas con alta y muy alta susceptibilidad ocupan grandes extensiones en la parte alta y media de la microcuenca. Estas zonas coinciden con las áreas de relieve más quebrado y de pendientes más acusadas, correspondiendo principalmente con todo el margen de la caldera del cerro Cacahuatique. Todo el sector sur presenta susceptibilidad media, exceptuando las zonas

MAPA V.4: Mapa de susceptibilidad a deslizamientos traslacionales en la microcuenca del río Yamabal.



Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002.

Fuente: MARN, IGN, 2001.

Escala: 1:25000

⁷ Es importante resaltar esta naturaleza de potencialidad de los resultados obtenidos.

de deposición aluvial del río, más planas, donde las pendientes no son suficientes para generar este tipo de inestabilidades.

El mapa V.4 muestra que los deslizamientos traslacionales no son frecuentes en la microcuenca. Este tipo de deslizamientos está principalmente asociado a grosores importantes de suelo, principalmente asociados a la alteración del macizo rocoso. En el inventario que se hizo en la microcuenca se encontró que estos fenómenos son poco frecuentes, no así en otros puntos del departamento; y generalmente se encuentran asociados a los taludes de las carreteras.

Coincidiendo con la fase final del estudio, se observaron los efectos de un pequeño temporal que cruzó la zona, el cual generó en una sola noche más de 20 inestabilidades de este tipo, siempre localizadas en los márgenes de las calles. Al no encontrarse grandes grosores de suelo en la zona, el material movilizado no genera problemas graves de aterramiento de las calles.

Es posible afirmar que en la microcuenca no se encuentran zonas con susceptibilidades muy altas a deslizamientos traslacionales por no encontrarse el sustrato adecuado para que se produzca este tipo de inestabilidades.

Las inundaciones: un ejemplo del impacto de los procesos de inestabilidad en laderas

Las inundaciones son otro fenómeno que afecta recurrentemente a la microcuenca del río Yamabal y constituye una amenaza para sus pobladores. Generalmente, se producen inundaciones de diferente consideración tres veces al año: finales de julio, mediados de septiembre y mediados o finales de octubre.

En la búsqueda de un modelo de inundación, se logró llegar hasta una caracterización preliminar de los factores desencadenantes, a través del desarrollo de las siguientes actividades: recopilación de datos históricos, cartografía de zonas inundadas por grandes avenidas y análisis hidrometeorológico (análisis de precipitación, análisis de caudales máximos y de caudales soportables).

En la zona de estudio la disponibilidad de datos históricos sobre inundaciones es muy limitada, por lo que se tomaron como avenidas máximas las inundaciones ocurridas en los años 1998 (provocadas por el huracán Mitch) y 1999. A través del mapa topográfico, la fotografía aérea y las entrevistas a los pobladores, se elaboró el mapa de inventario por inundaciones para los dos eventos citados (mapa V.5). Las áreas inundadas se localizan en el tramo final del río Yamabal, al sureste de las poblaciones de Yamabal y Semsembra. Se trata de franjas estrechas en los laterales del cauce que ocupan una extensión total de 82,58 ha para el caso de la inundación de 1998 y 115,17 ha para la de 1999.

En la fase de análisis hidrometeorológico y de modelación de los fenómenos de inundación se intentó proveer una respuesta sobre los factores desencadenantes más importantes en la ocurrencia de inundaciones. Asimismo, se procuró establecer la lluvia tipo que causa los eventos con el objetivo de diseñar e implementar un sistema de alerta temprana para la población de la microcuenca. Finalmente, es importante subrayar que se dispuso solamente de los datos de la estación de San Francisco Gotera que posiblemente no representan con exactitud las precipitaciones en esta zona. Sin embargo, se optó por utilizar esta estación por presentar la serie más completa de datos.

Inundaciones anuales

Se analizaron las precipitaciones reportadas por la estación de San Francisco Gotera para los tres períodos anuales de inundaciones que se producen en fechas similares.

Con base en los datos sobre las lluvias máximas caídas, se estableció que la mínima era capaz de provocar inundaciones. El umbral de precipitación diaria crítica se estableció en 60 mm⁸. Posteriormente fueron calculados los niveles que este tipo de lluvia genera en la cuenca⁹ y se comprobó que alcanza las riveras del río y en ciertos puntos las supera en algunos centímetros. Esto confirma que lluvias superiores a este umbral pueden provocar inundaciones en la parte baja de la cuenca.

⁸ Este dato es la base para el diseño del Sistema de Alerta Temprana, ya que define el momento en que se van a transmitir las alarmas a la parte baja de la microcuenca.

⁹ El programa informático HEC-RAS brindó las herramientas para hacer el cálculo.

Ahora bien, el cálculo del caudal máximo soportable en las diversas secciones levantadas en el río Yamabal, permitió comprobar la capacidad de contener los caudales del río es superior a los caudales generados por estas lluvias estudiadas. Se puede afirmar entonces que las inundaciones ocurren solo en áreas puntuales del sector sur de la microcuenca, y no a lo largo de todo el tramo.

Inundaciones de 1998 y 1999

El análisis hidrometeorológico de la microcuenca también demostró que, si bien fue muy grande la cantidad de lluvia caída durante el evento de 1998, no pudo generar por sí misma caudales suficientes para provocar inundaciones. De la misma forma, para el año 1999, la cantidad de agua de precipitación del 17 de octubre fue inferior a la del umbral establecido y los caudales que provocó no son suficientes para provocar inundaciones en la parte baja de la microcuenca.

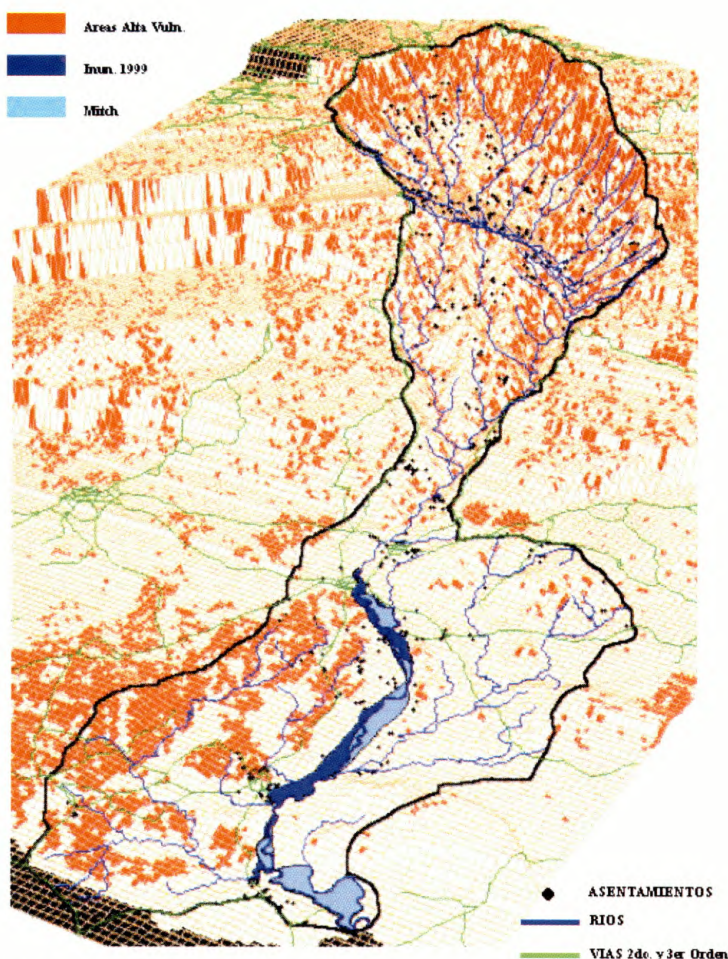
El hecho de que en ambos eventos se hayan reportado e identificado desprendimientos en la parte alta de la microcuenca, generó la hipótesis de que las causas de los fenómenos de inundación son las inestabilidades en laderas. Es decir, los desprendimientos en la parte alta de la microcuenca podrían haber provocado taponamientos en las quebradas y como consecuencia una acumulación de agua en “presas naturales”, que una vez superada su capacidad revientan y sueltan un volumen importante de agua de forma instantánea. Este volumen de agua es el que provoca las inundaciones en la parte baja.

Dicha hipótesis se sustentó en la identificación de la parte alta y media de la microcuenca como áreas altamente susceptibles a inestabilidad por

desprendimientos. En el mapa V.3 están coloreadas aquellas zonas donde se ha identificado que la tendencia a los movimientos en laderas es mayor, lo cual coincide generalmente con zonas de alta pendiente y donde los valles de quebradas y ríos son muy estrechos y fácilmente taponables.

Las visitas de campo y el conocimiento de los habitantes consultados permitieron más tarde comprobar esta hipótesis, correlacionando la ocurrencia de desprendimientos en la parte alta de la microcuenca con las precipitaciones. Si bien es cierto que haría falta un mayor registro de lluvias en la parte alta de la micro-

MAPA V.5: Modelo de Elevación digital de la microcuenca del río Yamabal con la cartografía de áreas inundadas por las avenidas de 1998 y 1999 y la ubicación de áreas con alta vulnerabilidad a inestabilidades de laderas.



Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002.
Fuente: MARN, IGN, 2001.

cuenca y un inventario más detallado de los desprendimientos, parece claro que para que éstos se produzcan es necesario alcanzar la saturación del sustrato. Una vez alcanzado el nivel crítico de saturación, una pequeña cantidad de lluvia, como la de 1999, puede provocar las inestabilidades. Para el evento de 1998 cuando el huracán Mitch azotó el país, la relación entre las lluvias y las inestabilidades fue muy clara. Así, con los datos de lluvia se comprueba que la cantidad de agua que cayó en los días de paso del huracán fueron las mayores registradas en ese año y pudieron provocar la saturación del suelo.

Inicialmente, se pensó en la localización de los puntos donde se producía taponamientos para establecer el volumen de agua acumulado. Sin embargo, se comprobó que no era un único lugar donde esto ocurría, sino un sistema de represas, cuya localización requería de un exhaustivo trabajo de campo que no fue posible realizar. Este análisis pendiente se suma también a la necesidad de obtener un mayor número de años de registro de lluvias en la parte alta de la microcuenca del río Yamabal y un monitoreo de nuevos desprendimientos para llegar a afinar cuál es la cantidad de lluvia necesaria para desencadenar estos procesos.

Susceptibilidad a inestabilidad en laderas en el departamento de Morazán

Breve premisa a la lectura de los mapas

La extrapolación de los resultados obtenidos en el estudio de caso a todo el ámbito departamental genera ciertas imprecisiones en los mapas de susceptibilidad a inestabilidad en laderas, con el riesgo de identificarse como áreas de alta y muy alta susceptibilidad algunas zonas que no lo son. Esto se debe a varias razones, entre las que resaltan:

- Diferentes escalas utilizadas en los mapas temáticos recopilados de diversas fuentes de información (ver apartado del SIG)
- Diferente calidad de los mapas base de factores condicionantes

En este sentido cabe resaltar la necesidad de

desarrollar investigaciones que permitan el levantamiento de datos primarios y la determinación de peligrosidad en aquellas zonas donde la ocurrencia de procesos de inestabilidad sea más recurrente. Asimismo, se hace necesaria la validación de los resultados preliminares.

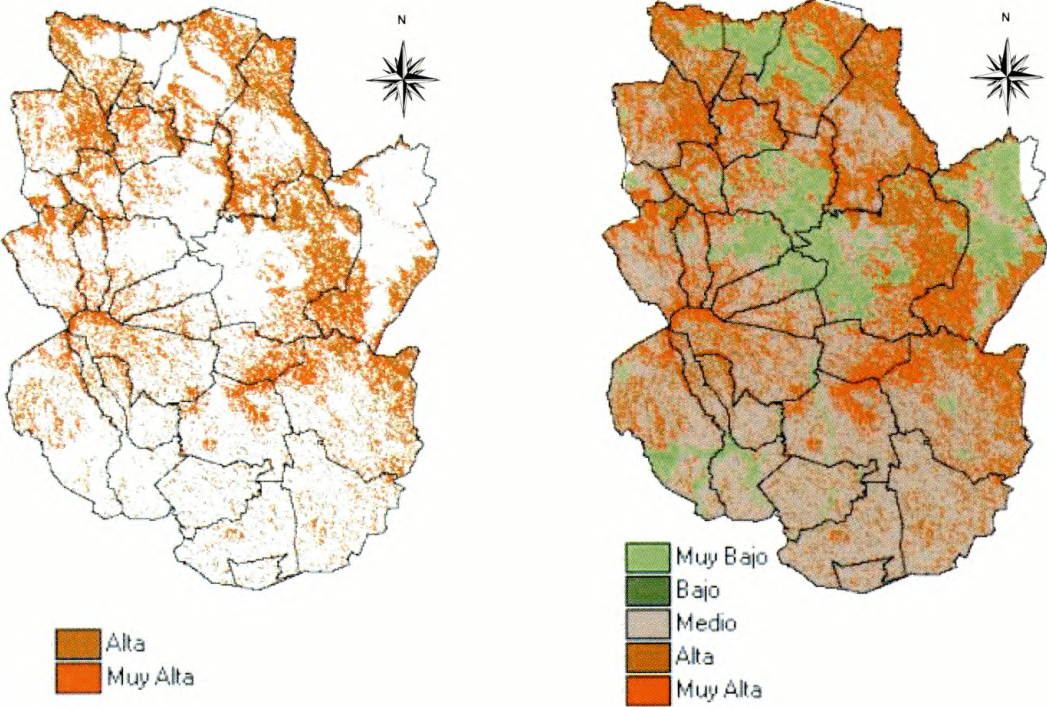
Desprendimientos

En el departamento de Morazán la problemática de desprendimientos aparece en aquellas áreas donde el sustrato está constituido por rocas duras, generalmente coladas de lava muy fracturadas. La red hídrica en estas zonas está poco desarrollada y muy encajada, conformando un relieve quebrado y favoreciendo la formación de paredones verticales. La litología y la facturación determinan el comportamiento geomecánico de los materiales, es decir, la respuesta que estos van a dar a elementos externos como la introducción de agua al sistema y los efectos de la gravedad.

Esta configuración, claramente observable en la parte alta de la microcuenca del río Yamabal (mapa V.3), se reproduce también en otras zonas del departamento (mapas V.6 y V.7). Aquí se pueden identificar tres áreas principales consideradas de alta o muy alta susceptibilidad a desprendimientos:

- Zona norte, por encima del río Torola, correspondiente a la parte más alta de la microregión I, concretamente a los municipios San Fernando, Perquín y Arambala. La susceptibilidad es muy alta en los relieves más altos, donde la pendiente es más acusada.
- Franja este, en la zona de nacimiento de los tributarios del río Torola, afectando los municipios de Cacaopera y Corinto en la microregión II.
- Complejo Cahahuatique, al oeste del departamento, dentro de las microregiones IV y V, afectando al municipio de Chilanga y la parte alta de la microcuenca del río Yamabal (municipios de Guatajiagua, Yamabal y Sensembra) como se ha visto en el estudio de caso. La susceptibilidad es muy alta en los márgenes de la caldera.

MAPAS V.6 y V.7: Susceptibilidad a desprendimientos en el departamento de Morazán.



Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002.

Fuente: MARN, IGN, 2001.

Escala: 1:100000

En el sur del departamento la susceptibilidad a este tipo de inestabilidades está considerada como media, coincidiendo con el curso bajo de los ríos que drenan hacia la cuenca del río Grande de San Miguel, donde los valles se abren y las pendientes son menos acusadas.

En las zonas más llanas, donde hubo condiciones propicias para el desarrollo de suelos profundos, la susceptibilidad a desprendimientos es considerada como baja. Las llanuras no solo coinciden con la deposición de materiales detríticos en las partes más abiertas de las cuencas, sino también con las plataformas conformadas por la deposición de coladas de lava, tanto en el sector norte (Llano del Muerto) como en el sector este (Tepemechin y Chiquito Corinto). Cabe

destacar que aunque estas áreas son poco susceptibles a desprendimientos, corresponden a zonas permeables por fracturación que permiten la introducción de agua a los macizos rocosos y, por tanto, favorecen las condiciones de inestabilidad en los laterales de los mismos.

El fenómeno de los desprendimientos en el departamento puede ser desencadenado principalmente por lluvias intensas, aunque la actividad sísmica puede producirlos también. Se trata de movimientos de masa rápidos, por lo que es prácticamente imposible reducir sus efectos en el momento de producirse. Por tanto, es conveniente actuar sobre los condicionantes que dan lugar a una configuración del terreno propicia para que se produzcan. Con relación a la afectación

espacial es importante señalar que aunque las áreas de alta y muy alta susceptibilidad son extensas, cada desprendimiento produce daños por soterramiento sobre una zona relativamente pequeña, afectando el curso normal de ríos y quebradas y puntualmente a las vías de comunicación. La actualización del inventario de inestabilidades por desprendimientos en cada municipio del departamento es lo que permitirá en el futuro identificar los sitios de mayor peligrosidad, a través del monitoreo de la evolución de este tipo de amenaza, a fin de implementar las acciones de mitigación de riesgos en puntos donde la problemática sea recurrente.

Deslizamientos traslacionales

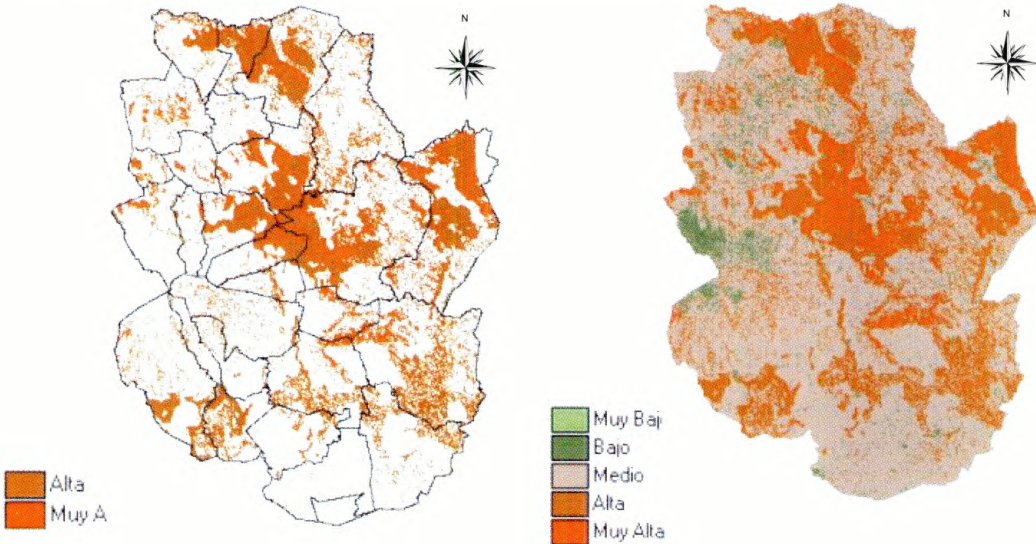
Los deslizamientos traslacionales, poco frecuentes en la microcuenca, son recurrentes en otras áreas del departamento. Este tipo de inestabilidades está altamente condicionado por las características del sustrato -por el grado de alteración y facturación de las rocas- como por la profundidad de los suelos y las discontinuidades presentes entre diferentes

tipos de materiales. Las condiciones de permeabilidad son también muy importantes, ya que influirán de forma decisiva en el contenido de agua de las capas de suelo y roca.

La alta susceptibilidad se asocia a zonas donde se han desarrollado importantes grosores de suelo, ya sea por alteración de los macizos rocosos o por la deposición de materiales aluviales y coluviales. La pendiente es otro factor condicionante clave para el desarrollo de estas inestabilidades, aunque no necesariamente se requieren pendientes muy altas -como ocurre con los desprendimientos- si es necesario un cierto grado de inclinación que favorezca el movimiento a favor de la gravedad del material movilizado.

Las zonas señaladas como de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos traslacionales (mapas V.8 y V.9) tienen una clara correlación con las áreas de baja susceptibilidad a desprendimientos. Esto se debe principalmente a los requerimientos de pendiente para los dos fenómenos, es decir, mientras para los

MAPA V.8 y V.9: Susceptibilidad a deslizamientos traslacionales en el departamento de Morazán.



Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002.

Fuente: MARN, IGN, 2001.

Escala: 1:100000

En el Mapa V.8, solo se representan las categorías de alta y muy alta susceptibilidad, mientras que en el segundo mapa están representados los cinco rangos.

desprendimientos se requieren pendientes muy altas, prácticamente verticales, para los deslizamientos traslacionales se requiere una inclinación moderada que permita el desarrollo de suelos. Las áreas más susceptibles a este tipo de inestabilidad son:

- Zona norte, por encima del río Torola, correspondiente al sector central de la franja fronteriza, en los municipios de Perquín y Arambala. Este es uno de los casos donde es imprecisa la extrapolación de los pesos puestos a los factores condicionantes en la microcuenca. Se trata de una zona con mesetas formadas por la acumulación de coladas de lava, con pendientes muy bajas, donde el desarrollo de procesos de movimientos de masa es menos probable de lo que indica el mapa.
- Franja este, en la zona limítrofe con el departamento de La Unión, afectando principalmente los cantones Hondable, La Laguna y Corralito del municipio de Corinto en la microregión II.
- Zona Central, entre las microregiones I y V, afectando los municipios de Meanguera, Osicala y Cacaopera.

Es importante destacar que las áreas con alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos traslacionales tienen una clara correspondencia con zonas utilizadas para el cultivo de granos básicos. Aunque el uso de suelos es un factor condicionante de influencia media, es importante destacar los efectos adversos que la ocurrencia de inestabilidades puede provocar, especialmente sobre los terrenos y bienes de los pequeños productores, generando daños importantes.

Se ha podido comprobar que este tipo de deslizamientos generalmente se encuentra asociado a taludes de calles y carreteras. Al no existir grosores de suelo considerables en estos puntos, el material movilizado no es de un volumen importante; sin embargo, genera aterramiento en las calles y los consecuentes problemas de accesibilidad. Es frecuente que la construcción o apertura de calles y nuevas vías de comunicación no considere las

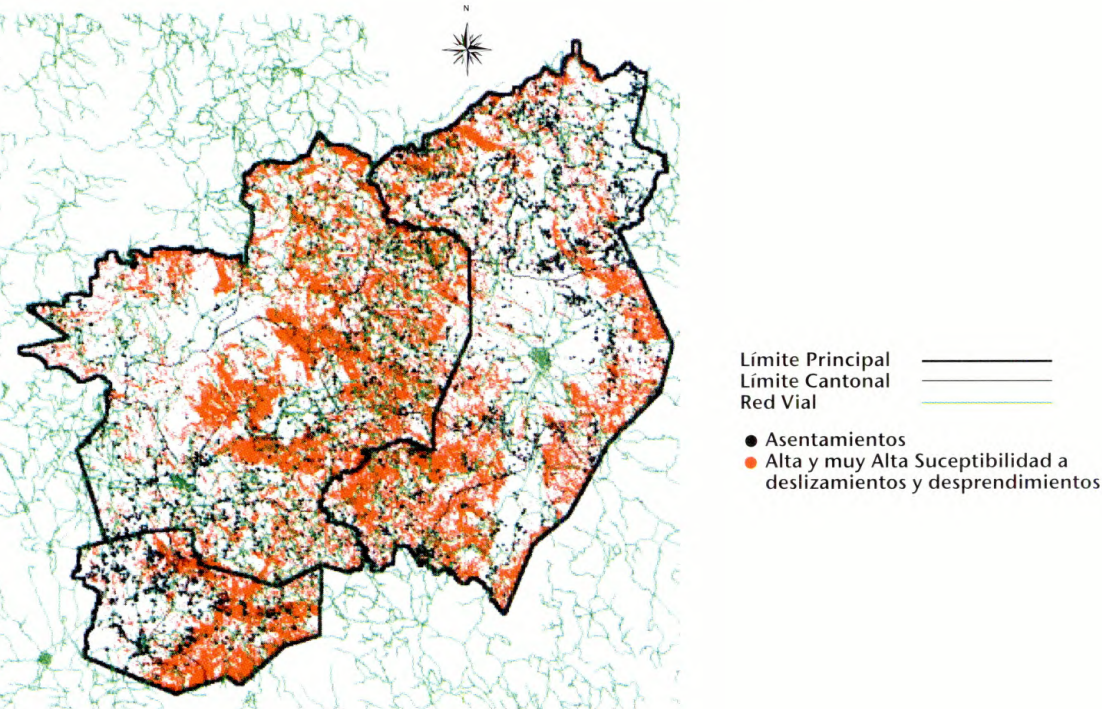
diferentes características geomecánicas de los materiales que se cortan, por lo que la respuesta a las nuevas condiciones de estabilidad se traduce frecuentemente en movimientos de tierra.

En resumen, la naturaleza de los materiales y sus condiciones de facturación y alteración determinan la propensión a la ocurrencia de este tipo de inestabilidades. Por su parte, las acciones antrópicas relacionadas con la agricultura y la apertura de vías de comunicación añaden otros condicionantes para que las lluvias actúen como el factor desencadenante sobre estos lugares.

La superposición de los mapas de susceptibilidad a inestabilidad en laderas del departamento con otros mapas de factores socioeconómicos, por medio del Sistema de Información Geográfico, permite visualizar de forma rápida las características, capacidades y debilidades del territorio y tomar en cuenta la respuesta que el medio pueden dar a determinadas actividades de la población. A modo de ejemplo se presenta en el mapa V.10 el análisis realizado para una microregión, que relaciona las áreas de mayor susceptibilidad a deslizamientos con la densidad de vías de comunicación de 3^{er} y 4^o orden. Este análisis se ha realizado para todas las microregiones del departamento y puede encontrarse en el capítulo VI. Los mapas pueden encontrarse también en el SIG de Adel-Morazán para todos aquellos actores institucionales que lo requieran o que necesiten realizar otros análisis para la toma de decisiones y la definición de prioridades en el campo de la gestión de riesgos.

Aunque los dos tipos de inestabilidades representadas tienen características distintas, pueden causar daños a personas y bienes. En cantones como Calavera y Guachipilín de Cacaopera y La Manzanilla de Lolotiquillo el 91%, 96% y 100% respectivamente de la red vial esta constituida por caminos de tierra, lo que indica escasa accesibilidad especialmente en los períodos invernales. En estos mismos cantones la accesibilidad puede verse afectada además por la presencia de zona de alta y

MAPA V.10: Alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidades de ladera con red vial y asentamientos en la microregión II de Morazán.



Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002.
Fuente: MARN, IGN, 2001.
Escala: 1:25000

CUADRO V.5: Porcentaje de territorio con alta y muy alta susceptibilidad a inestabilidades de ladera, por cantón en la microregión 2				
Municipio	Cantón	Caseros	% alta y muy alta susceptibilidad	% calles cuarto orden
Cacaopera	Agua Blanca	8	33	96
	Calavera	7	44	91
	Guachipilin	1	42	96
	Junquillo	12	20	91
	La Estancia	6	38	90
	Ocotillo	9	30	90
	Sunsulaca	14	12	74
Corinto	Corralito	7	23	66
	Hondable	9	30	87
	La Laguna	8	13	78
	San Felipe	6	36	70
	Varilla Negra	7	50	82
Lolotiquillo	Gualindo	5	23	47
	La Manzanilla	6	52	100

muy alta susceptibilidad a inestabilidades de ladera en superficies extensas. Así, en la mayoría de los cantones de la microregión alrededor del 30% de la superficie se encuentra en esta clase de inestabilidad de ladera, mientras que en los cantones mencionados los valores están arriba del 42%. En la época lluviosa podría producirse aislamiento y/o daños por la posible activación de inestabilidades de laderas.

Elaboración propia: ADEL Morazán, 2002.
Fuente: MARN, IGN, 2001.