



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ADELM/FIAES Agencia de Desarrollo Económico Local de Morazán / Fondo Iniciativa para las Américas
 1999 Diagnóstico Ambiental del Municipio de Corinto. Departamento de Morazán, El Salvador.
 1997 Diagnóstico Ambiental del Municipio de Jocoro. Departamento de Morazán, El Salvador.
- ADEL/PRODERE Fundación Agencia de Desarrollo Económico Local de Morazán/ Programa de Desarrollo para Desplazados, Refugiados y repatriados
 1995 Diagnóstico Territorial del Departamento de Morazán. Departamento de Morazán, El Salvador.
- AID Agencia Internacional de Desarrollo
 1965 El Salvador-Regional Analysis of Physical Resources. 1era. edición, Washington, DC.
- APPI/CORDIM Antipoverty Partnership Initiative/ Corporación Departamental para el Desarrollo Integral de Morazán
 2002 Plan de Desarrollo departamentamental 2002. documento interno. Departamento de Morazán, El Salvador.
- Lavell, A.
 2001a Ciencia Sociales y desastres naturales en América Latina: Un encuentro inconcluso . Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La Red), sitio www.lared.com
 2001b El Servicio Nacional de Estudios Territoriales: hacia una definición de su función social y la organización de sus labores. Documento inédito. Programa de Desarrollo Local y gestión del Riesgo del PNUD-El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- ANDA Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
 1989 Estudio Hidrogeológico del Área de Cantones El Jocotillo, Es Caulote y Santa Anita. San Salvador, El Salvador.
 -Informe Hidrogeológico Área Fuente El Molino y Aforo Pozo N° 3. El Salvador.
 1999 Estudio Hidrogeológico del Área de Usulután. El Salvador.
- Ayala, F.J. y Carracedo
 1993 Socioeconomic impacts and vulnerability resulting from slope movements. US-Spain workshop on natural hazards. Barcelona, España.
- Baxter, S.
 1984 Léxico Estratigráfico de El Salvador. Superintendencia de Energía, Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del río Lempa. San Salvador, El Salvador.
- Benito, B.
 1999 Metodología para la evaluación de la peligrosidad sísmica en Guatemala. Aplicación al diseño sismoresistente. Mitigación de desastres naturales en Centroamérica, N.º 1, Análisis y Gestión de Riesgos. Guatemala.
- BM Banco Mundial
 2001 Informe Mundial sobre el Desarrollo 2000-2001. Washington, DC.
- Bundesanstalt für Bodenforschung (Misión Alemana)
 1974 Mapa geológico general de la República de El Salvador (1:100.000). Hannover, Alemania.
- CADEM Comité Ambiental del departamento de Morazán
 1999 Diagnóstico Ambiental del departamento de Morazán. CADEM/Fondo Ambiental de El Salvador. Departamento de Morazán, El Salvador.
- Campos, A.
 1999 Educación y prevención de Desastres. UNICEF-FLACSO, La Red. San José, Costa Rica.
- CEPAL/ CCAD Comisión Económica para América Latina y el Caribe/ Comisión Centroamericana para el Ambiente y el Desarrollo
 2001 El impacto socioeconómico y ambiental de la sequía del 2001 en Centroamérica.
- CEPRODE Centro para la Protección contra Desastres
 1998 Efectos de Mitch en El Salvador. Boletín de extensión cultural del Centro de Protección para Desastres, No. 23. San Salvador, El Salvador.

CORDIM Corporación Departamental para el Desarrollo Integral de Morazán

- 2000 Plan de Acción: 2000-2005 Sistema Local de Educación del Municipio de Meanguera SILEM Comunidad Segundo Montes. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 2000 Plan de Acción: 2000-2003 Municipio de Lolotiquillo. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 2000 Plan de Acción Participativo 2000-2003 Municipio de San Carlos. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 2000 Plan de Acción: 2000-2003 Municipio de Yoloaiquín. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 2000 Plan de Acción: 2000-2003 Municipio de San Simón. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 2000 Plan de Acción: 2000-2003 Municipio de Delicias de Concepción. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1999 Programa de la Mancomunidad Meanguera y Jocoaitique para el Desarrollo Económico y Social . Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1999 Plan de acción 1999-2003 microregión: Jocoro, El Divisadero y Sociedad. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1999 Plan de Acción Participativo 1999-2003 Municipio de Sensemba. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1998 Plan de Desarrollo Municipal de Sociedad. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1998 Plan de Acción Municipal El Divisadero. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1998 Plan de Desarrollo Municipal de Gualococti. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1998 Plan de Desarrollo Municipal de San Isidro. Departamento de Morazán, El Salvador.

Cuellar, N. y Duarte, R.

- 2001 Alteración del ciclo hidrológico en El Salvador: Tendencias y desafío para gestión territorial. Prisma N° 44. San Salvador, El Salvador.

DMA Departament de Medi Ambient

- 1995 Bases i aplicacions d'anàlisi territorial per a la gestió ambiental . N° 1. Generalitat de Catalunya, España.

Durr, E. y Klinge, H.

- 1960 Beiträge zur Stratizraphie und zur Paläopedologie des mittleren El Salvador. Sturtgart, Alemania.

ECA Revista de Estudios Centroamericanos

- 2001 Consideraciones económicas, sociales y políticas del terremoto del 13 de enero 2001. En: Los terremotos en El Salvador, Año LVI, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, Centro de información, documentación y apoyo a la investigación (CIDA). San Salvador, El Salvador.

Engels, M. Et al.

- 1998 Estudio climático de datos meteorológicos mensuales para llegar a una zonificación agroclimática. CENTA/FAO. San Salvador, El Salvador.

Estrada, P.M.

- 1994 Disponibilidad de recursos hidráulicos. Fuentes de suministro de agua potable para el AMSS. Órgano de divulgación técnica e información de la asociación salvadoreña de ingenieros y arquitectos N° 114. San Salvador, El Salvador.

FAO. Organización para la Agricultura y la Alimentación

- 1996 Diseño y gestión de un documento pragmático de desarrollo humano sostenible para la zona norte de El Salvador. Diagnóstico de seguridad alimentaria y manejo de recursos naturales. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1996 Diagnóstico de seguridad alimentaria y recursos naturales: Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1977 Guía para la descripción de perfiles de suelos. Roma, Italia.

Fernández del Castillo, T. e Irigaray, C.

- 2001 Susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante SIG en el sector de la Contraviesa (Granada). V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. I Volumen. Madrid, España.

Ferrer, F.J.

- 1993 Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas. Monografías CEDEX. España.

FUNDAMUNI Fundación de Apoyo a las Municipalidades

- 2000 Plan de Acción Sensembra. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 2000 Plan de Acción del Municipio de Yamabal. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1998 Plan de Acción Municipio de Joateca. Departamento de Morazán, El Salvador.
- 1998 Plan de Acción Municipio de Meanguera. Departamento de Morazán, El Salvador.

- FUNDE Fundación para el Desarrollo
1999 Estrategia para la reconstrucción y desarrollo de las zonas afectadas por la tormenta tropical Mitch en El Salvador. Mesa Nacional de Organizaciones Campesinas y Pescadores Artesanales. San Salvador, El Salvador.
- 1988 Gobierno local, aspectos geográficos, aspectos sociales, aspectos políticos y económicos - Departamento de Morazán. San Salvador, El Salvador.
- Geólogos del Mundo España
2001 Afecciones por procesos de inestabilidad en laderas en el medio rural del municipio de Nueva San Salvador (Cordillera de El Bálsamo), producidos por el terremoto del 13 de enero de 2001. Departamento de La Libertad, El Salvador.
- 2001 Estudio geológico preliminar de la ladera norte de la Sierra de El Bálsamo. Santa Tecla. El Salvador.
- 2001 Informe preliminar de evaluación de riesgo natural. Comunidad de Cecilio del Valle. San Salvador, El Salvador.
- 2001 Informe preliminar de evaluación sobre el estado de riesgo por causas sísmicas, geológicas y medio-ambientales en las colonias de Alpes Suizos, Pinares de Suiza y Europa II, Nueva San Salvador. El Salvador.
- 2001 Informe sobre inestabilidades de ladera observadas en la vía San Francisco-Perquín en el Departamento de Morazán. Proyectos del II plan DIPECHO, ADEL Morazán/APS, Geólogos del Mundo/CEPRODE. El Salvador.
- Giménez, J.
1999 Gestión de riesgos naturales mediante sistemas de información geográfica en Centroamérica. Mitigación de desastres naturales en Centroamérica. I Análisis y Gestión de Riesgos. Varios autores. Instituto Tecnológico y Geominero de España/Agencia de Cooperación Española (ITGE/AECI). Ediciones AECI. Madrid, España.
- Gomáriz, M. E.
1998 El Enfoque de Género como factor de calidad de la respuesta al desastre del huracán Mitch en Centroamérica. Aporte del PNUD a las misiones de CEPAL de evaluación socioeconómica y ambiental de los desastres (Huracán Mitch).
- Gorriño, J.
2001 Reconocimiento cartográfico de riesgos. Metodología sobre deslizamientos de laderas. V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables - Vol. I. Madrid, España.
- Hernández, M. et al.
1999 Mapa de susceptibilidad del terreno por deslizamientos de Honduras. Escala 1:500.000. Mitigación de desastres naturales en Centroamérica. I Análisis y Gestión de Riesgos. Instituto Tecnológico y Geominero de España/Agencia de Cooperación Española (ITGE/AECI).
- Hervás de Diego, J.
2001 Evaluación de susceptibilidad de deslizamientos mediante el uso conjunto de SIG, teledetección y métodos de evaluación multicriterio. Aplicación al barranco de Tirajana (Gran Canaria). V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables - Vol. I. Madrid, España.
- Hewitt, Kenneth
1996 Daños ocultos y riesgos encubiertos: haciendo visible el espacio social de los desastres. En "Desastres: modelo para armar", La Red: Red de Estudios sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Lima, Perú.
- Hoelting, B.
1958 Problemas Hidrogeológicos en El Salvador. Revista del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas. Año 7, N^o 1-2. San Salvador, El Salvador.
- Ibarra, A.T.
1999 Mitch en El Salvador. Fundación Heinrich Boll. San Salvador, El Salvador.
- ITGE. Instituto Tecnológico y Geominero de España
1999 Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Madrid, España.
- JICA Cooperación Japonesa
1997 Control integral de crecidas en el Río Grande de San Miguel. San Salvador, El Salvador.
- Kuroiwa, J.
2002 Reducción de Desastres. Viviendo en armonía con la naturaleza. 1era. edición. Lima, Perú.
- Khonker, Habibul H.
1996 Desarrollo y Respuesta a Desastres en el Sur de Asia perspectivas de una aldea en Bangladesh. En "Desastres: modelo para armar", La Red: Red de Estudios sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Lima, Perú.
- Koose, F.
1976 Estudio de deslizamientos de taludes de barrancos en la ciudad de Guatemala. Simposio Internacional sobre el terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 y el proceso de reconstrucción. Tomo I. Guatemala.
- Liverman, Diana M.
1996 Variación ambiental y transformación económica: cambios de la vulnerabilidad a amenazas naturales en el México rural. En "Desastres: modelo para armar", La Red: Red de Estudios sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Lima, Perú.

- López, C.
2001 Zonificación del territorio según la peligrosidad de deslizamientos. V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Vol. I Madrid. España.
- Lungo M., Baires S.
1996 De terremotos, derrumbes e inundados. La Red / FUNDE. San Salvador, El Salvador.
- MAG.
2001 Ministerio de Agricultura y Ganadería.
2001 Diagnostico sobre los efectos de la sequía en el Oriente de El Salvador. Mimeo. San Salvador, El Salvador.
2001 Diario oficial de regantes del municipio de Yamabal . Tomo N° 350. San Salvador. San Salvador, El Salvador.
1980 Anuario hidrológico. Centro de recursos naturales, servicio de meteorología e hidrología. San Salvador, El Salvador.
1976 Cuenca Hidrográfica del río Grande de San Miguel. Servicio Hidrológico. San Salvador, El Salvador.
- Marquín, J.
1999 Peligrosidad por movimientos de ladera en Nicaragua. Cartografía piloto de la zona de Trinidad (Departamento de Esteli). Escala 1:25.000. Mitigación de desastres naturales en Centroamérica. I Análisis y Gestión de Riesgos. Varios autores. Instituto Tecnológico y Geominero de España / Agencia de Cooperación Española (ITGE / AECl). Ediciones AECl. Madrid, España.
- Mateos de Ruiz, R. M.
2000 Movimientos de ladera en la Serra de Tramuntana (Mallorca): Caracterización geomecánica y análisis de peligrosidad. Tesis doctoral Universidad de Madrid. España.
2000 Metodología para el análisis de la peligrosidad por movimientos de ladera. Aplicación en la zona de Sóller (Mallorca). Tesis doctoral de la U.C.M. Madrid, España .
- Melo Branco, A.
1995 Organizadas para sobrevivir. En "Desastres y Sociedad", Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América latina (La Red). Revista Semestral año 3, no 5. Lima, Perú.
- Ministerio de Economía
1999 Anuario estadístico. San Salvador, El Salvador.
- MSPAS
1991 Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social
Manual del Sistema Gerencial del Promotor de Salud. Departamento de Salud Comunitaria, Proyecto Apoyo a los sistemas de salud. San Salvador, El Salvador.
-Fichas de los Diagnósticos Comunitarios de Salud en Morazán. Documentos internos. SIBASI Morazán. El Salvador.
- Mocellin, Jane S.P. y Rogge, J.
1996 Algunas dimensiones culturales, educativas y de salud mental de las características psicosociales. En "Desastres: modelo para armar", La Red: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Lima, Perú.
- Moisa, A. y Romano, L.E.
1994 Caracterización de los desastres en El Salvador: Tipología y Vulnerabilidad Socioeconómica. Centro para la Protección contra Desastres. San Salvador, El Salvador.
- Mora, C. y Vahrson
1976 Método para la determinación de la amenaza por remociones en masa en un área cualquiera. Guatemala.
- Neumann, A.
2000 Propuesta de definición de clases de peligrosidad para mapas de peligrosidad a fenómenos hidrológicos en Venezuela. Proyecto PREVENE. Caracas, Venezuela.
- OEA
1993 Organización de los Estados Americanos
Evaluación del peligro de deslizamientos de tierra. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Washington DC.
1993 Definición de llanura de inundación y evaluación del peligro de inundaciones. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Washington DC.
- Ormaetxea, V.
2001 Metodología de caracterización de macizos flyschoides en taludes y laderas. V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables - Vol. I. Madrid, España.
- Ortega, I. et. al.
1999 Susceptibilidad de movimientos de ladera en el valle de Guatemala. Mitigación de desastres naturales en Centroamérica. I Análisis y Gestión de Riesgos. Instituto Tecnológico y Geominero de España / Agencia de Cooperación Española (ITGE / AECl). Ediciones AECl. Madrid, España.
- Pleitez W. et.al.
1995 Plan de Desarrollo Humano Sostenible. Cinco Consultores Internacionales S.A. de C.V. San Salvador, El Salvador.
- PNUD
1991 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Programa de entrenamiento para el Manejo de Desastres (DMTP)

PNUD-El Salvador
2001 Informe de Desarrollo Humano

PNUD/Cooperazione Italiana

2001 Presentación de estudio morfológico de Sonsonate. San Salvador, El Salvador

PRODERE Programa de Desarrollo para Desplazados, Refugiados y Repatriados
1994 Situación de la Mujer en el departamento de Morazán. San Salvador, El Salvador.

Quarantelli, E.L.

1996 Desastres y catástrofes: condiciones y consecuencias para el desarrollo social En "Desastres: modelo para armar", La Red: Red de Estudios sociales n Prevención de Desastres en América Latina. Lima, Perú.

Recondo, C. et al

2000 Estudio de las zonas propensas a sufrir deslizamientos en los Concejos de Oviedo y Mieres (Asturias) a partir de una imagen Landsat-TM y de un Modelo Digital de Elevaciones. Revista de Teledetección. España.

RESAL Red Europea de Seguridad Alimentaria

2001 Metodología de caracterización de grupos vulnerables. Nicaragua.

Romano, L.E.

1997 Catálogo de Desastres, Accidentes y Ecología (1915-1990). Centro para la Prevención de Desastres. San Salvador, El Salvador.

1997 Efectos económicos y sociales de las sequías en El Salvador. Centro para la Protección contra Desastres. San Salvador, El Salvador.

1996 El Salvador: historización de los desastres naturales y de la degradación ambiental. Centro para la Prevención de Desastres. San Salvador, El Salvador

SNET Servicio Nacional de Estudios Territoriales

2002 Sitio web

Vilaplana, J.M.

2001 Peligrosidad geológica asociada a movimientos de laderas en el noroeste de Nicaragua. V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables - Vol. II. Madrid, España.

Wiest, R. et al.

1995 Reconstrucción y Desarrollo: la mujer en la etapa posterior a un desastre, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América latina (La Red). Revista Semestral año 3, N° 4. Lima, Perú.

Wilches-Chaux, E.

1996 En busca de un lenguaje para el desarrollo sostenible. En "Desastres: modelo para armar", La Red: Red de Estudios sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Lima, Perú.

ANEXO 1 A ESTABLECIMIENTO: _____ COMUNIDAD: _____ PROMOTOR: _____	CONSOLIDADO DE DIAGNOSTICO COMUNITARIO	SIBASI MORAZAN FECHA: _____
---	---	--------------------------------

PROMOTOR: _____

FECHA: _____

[illegible]

[illegible][illegible][illegible][illegible]

CONSOLIDADO DE DIAGNOSTICO COMUNITARIO

VIVIENDA

SIBASI MORAZAN

[illegible]

CANTON: _____

MUNICIPIO: _____

[illegible]

CONSOLIDADO DE DIAGNOSTICO COMUNITARIO

DATOS ESPECIFICOS DE LAS COMUNIDADES POR CASERIO

CANTON: _____

MUNICIPIO: _____

[illegible]

ANEXO 2: Componentes del SIG utilizado en el estudio

Tipo de componente	Especificación	Observación
Software	Windows 98	
	Microsoft Office 2000	
	ILWIS for windows 2.0 y 3.0 (SIG)	Software del Sistema de Información Geográfico
	WinTab	Gestión de la mesa digitalizadora
	FinePixviewer	Gestión de fotografías digitales
	Adobe Acrobat 5.0	Producción de documentos PDF
	Snagit6	Gestión de imágenes
	Office Pathfinder 2.7	Global Positioning System para la georeferenciación satelital en campo
Equipos	CPU: AMD Duron, 256 RAM, 2 Discos duros 20 GBc/u/PC	
	Monitor de 21"	
	CD writer: HP 7200	
	Plotter: HP 500 PS	
	Scanner: HP 2200c	
	Mesa digitalizadora: Summagrid V	
	GPS: Trimble Geoexplorer3	
Centro de Documentación	Diagnósticos departamentales	
	Identificación de cuencas	
	Publicaciones sobre medio ambiente, comercialización, producción sostenible, etc.	
	Estudios de vulnerabilidad	

Mapas base utilizados para la caracterización de amenazas y vulnerabilidades

MAPA	INFORMACION	ESCALA	FUENTE	ORIGEN	FECHA
Topográfico	▪ Curvas de nivel ▪ División administrativa local ▪ Red básica de comunicación viaria ▪ Estructura de la población (asentamientos)	1:25.000	IGN -CNR	Cuadrantes topográficos IGN 1996	2001
Geológico	Litología, tectónica	1:100.000	IGN -CNR	Misión Geológica Alemana en El Salvador/CIG 1967-1971.	1964-1974
Hidrografico	Red hidrográfica	1:25.000	IGN -CNR	cuadrantes topográficos IGN 1996	2001
Cuencas	Demarcaciones hidrográficas	1:25.000	IGN -CNR	SIG ADEL Morazán	2001
Uso de suelo	Usos del suelo	1:50.000	IGN -CNR	MAG-DGRNR/PRODER E-PNUD. Diagnostico territorial Dpto. Morazán	1994
Formaciones antropicas y naturales	Actividades humanas	1:100.000	IGN -CNR	MAG-DGRNR/PRODER E-PNUD. Diagnostico territorial Dpto. Morazán	1994
Administrativo	Estructura de la superficies urbanizadas o ubicación cabezeras municipales	1:25.000	IGN-CNR	SIG ADEL Morazán	2001
IMAGEN SATELITE	Cobertura del suelo	1:100.000	MARN/MAG	Imagen LandSat 7 TM, suministradas por Banco Mundial.	1993-1994, 1998

ANEXO 3A

PROYECTOS DIPECHO II EL SALVADOR, 2001

Taller de internalización para personal del proyecto

FICHA DE IDENTIFICACION DE DATOS Y RECURSOS PARA EL DESARROLLO DE INVESTIGACIONES DE CARACTERIZACION DE RIESGO

DATOS						TRABAJO DE CAMPO			RECURSOS			SIG		
ANALISIS	Categorías	Indicador	Requeridos	Existentes	Posible/obtenible	Fuentes	tipologia	Intensidad muestreo	Economico	Tiempo	Humano	Indices	Producto	Representacion (línea, polígono, ...)
AMENAZA (Período de retorno e intensidad) Análisis Bio-físico	INUNDACIONES	topografía	mapas base, curvas de nivel											
		geomorfología	mapas topográficos, fotografías aéreas											
		pendientes	mapa topográfico											
		precipitaciones.intensidad	Datos diarios	datos mensuales										
		suelo litología	mapa geológico											
		uso del suelo.cobertura	Cobertura											
		red hidrográfica	orden corrientes	corrientes superficiales, morfometría cuenca										
		hidrología	m³/sg	caudales, balance										
		hidrogeología	m³/sg	caudales, balance										
		información histórica desastres	m, superficies alcanzada lámina agua	caudales máximos, alturas máximas alcanzadas		salud, pobladores (ancianos)	entrevistas, investigación							

DATOS						TRABAJO DE CAMPO			RECURSOS			SIG		
ANALISIS	Categorías	Indicador	Requeridos	Existentes	Posible/obtenible	Fuentes	Tipologia	Intensidad muestreo	Economico	Tiempo	Humano	Indices	Producto	Representacion (línea, polígono, ...)
AMENAZA (Período de retorno e intensidad) Análisis Bio-físico	MOVIMIENTOS GRAVITACIONALES EN LADERAS	topografía	Relieve relativo	mapas base, curvas de nivel	Mapa 1:25 000 y 1:5 000		Tratamiento SIG	baja				Rr	mapa de relieve	area
		pendientes	%				Tratamiento SIG	baja				%	mapa de pendientes	area
			orientación	dirección	mapa topográfico		Tratamiento SIG	baja				Pd	mapa de orientaciones	area
		Red hidrográfica	Densidad de drenaje	mapa topográfico, corrientes superficiales, morfometría cuenca	Mapa 1:25 000 y 1:5 000		Definición de cuencas y tratamiento SIG	alta				Dr	mapa de cuencas y densidad de drenaje	area
		Cobertura vegetal	% y tipo	Reconocimiento de vegetación, clasificaciones, mapas de vegetación existentes	Mapa de vegetación SIG MARM		Reconocimientos y clasificación de vegetación	baja				Cv	Mapa de covertera	area
		Inventario de movimientos	Tipo	Foto aérea, reportes históricos, trabajo de campo, clasificaciones	No		implementación de fichas de movimientos de ladera	alta				MG	Mapa inventario	area
		Geomorfología	Fomaciones superficiales	Tipo	Foto aérea, trabajo de campo, clasificaciones	Mapa geológico SIG MARM	descripción de materiales y depósitos	media				FS	Mapa geomorfológico	area
			Lineamientos	L	mapas topográficos, fotografías aéreas		fotointerpretación	media				L		línea
		rocas	Litología	Tipo	Mapa geológico, reconocimientos de campo	Mapa geológico SIG MARM	Tratamiento SIG					LIT		area
			Alteración	Grado	Estaciones geomecánicas, fotografías	No	Estaciones geomecánicas	media				W		area
			Geomecánica	Clase	Ensayos de laboratorio, mapa geológico, clasificación	Clasificaciones	Laboratorio	media				CGR	Mapa de clasificación geomecánica	area
			Estratificación	Secuencia tipo	Descripción estratigráfica, campo	No	Reconocimientos de campo	baja				ST		area
		Suelos	Tipo	mapa geológico, geomorfológico y definición de tipos geotécnicos (ensayos de laboratorio)	Mapa geológico SIG MARM		Descripción de materiales y depósitos, laboratorio y tratamiento SIG	alta				CGS		area
		discontinuidades	Espaciado	Estaciones geomecánicas, fotografías	No		Estaciones geomecánicas	baja				FR		area
			pendiente	%	Mapa de suelos y mapa topográfico	mapa de suelos MARM	Tratamiento SIG	media				%	Mapa de isopropiedades de suelos	area
		profundidad	m	Profundidades de suelo, Reconocimientos de campo, Cortes	mapa de suelos MARM		Descripción de afloramientos y tratamiento SIG	media				m		area
		hidrogeología	m	Profundidad nivel freático, fuentes y surgencias, pozos,	No		Investigación bibliográfica y de campo, Encuestas						Mapa hidrogeológico	area, puntos, líneas
		información histórica desastres	datos espaciales	m, superficies masa deslizada	caudales/volumenes máximos, alturas y distancias máximas alcanzadas	No	salud, pobladores (ancianos)							
			datos temporales	fecha	fecha, duración	No	entrevistas, investigación							
		terremotos	fallas activas	Clase	Situación de fallas activas, clasificación	Mapa de fallas	Investigación bibliográfica							
			magnitud / aceleración	M / a	Mapa isoaceleración mapa de isoaceleración	Mapa de isoaceleraciones								
		precipitaciones	diaria	mm	Datos diarios	datos mensuales								
			intensidad horaria	mm	Datos horarios	datos mensuales								
		Antrópicos	excavaciones, explotaciones	Situación	Situación de excavaciones	Localización de excavaciones y explotaciones								
			carreteras	Puntos conflictivos	Red Vial, desmontes, puentes,	mapa de red vial, situación de puntos								

DATOS						TRABAJO DE CAMPO			RECURSOS			SIG		
ANALISIS	Categorías	Indicador	Requeridos	Existentes	Posible/obtenible	Fuentes	Tipologia	Intensidad muestreo	Economico	Tiempo	Humano	Indices	Producto	Representacion (línea, polígono, ...)
AMENAZA (Período de retorno e intensidad) Análisis Bio-físico	TERREMOTOS	topografía	Relieve relativo	mapas base, curvas de nivel										
		pendientes	%	mapa topográfico										
		suelo potencia	isopacas	mapa geológico y mapa geomorfológico										
		Fallas activas	Tipo	Mapa de fallas activas										
		severidad	Magnitud	M	Mapa isoaceleración									
			aceleración	a	Mapas de isoaceleración									
		información histórica desastres	coordenadas			salud, pobladores (ancianos)								
			Epicentros	Catálogo de terremotos										
			fechas											
			Magnitud											
		Daños	intensidad	Mapas de isointensidades			entrevistas, investigación							

ANEXO 4: Marco geológico

Las formaciones geológicas presentes en Morazán, quedan representadas en el mapa geológico departamental (mapa IV.7), modificado del mapa geológico de El Salvador, escala 1:100.000 (Misión Alemana, 1974) y el Léxico Estratigráfico (Baxter, 1984), las cuales de antiguas a más modernas son las siguientes¹:

➤ **Formación Morazán (m)**

Constituida por rocas de composición ácida, resultado de la solidificación de magmas viscosos: lavas dacíticas y riolíticas, ignimbritas y piroclastitas, a las que se atribuye, con reservas, edad oligocena-miocena. Esta formación, descrita en el Departamento de Morazán, aflora principalmente al norte del río Torola. Es de destacar la intensa alteración hidrotermal que presentan en algunas zonas las rocas de este grupo, así como procesos de metamorfismo de contacto por la intrusión de diques y filones de rocas ígneas. La alteración y meteorización favorecen la pérdida de cohesión en las capas superiores de estas rocas y la formación de planos de debilidad, condiciones que facilitan la evolución de procesos de inestabilidad en laderas.

➤ **Formación Chalatenango (ch)**

Se trata de unidades volcánicas de tipo riolítico-dacítico, ignimbritas y epiclastitas principalmente, atribuidas al Mioceno. Los afloramientos presenta una orientación preferente E-W siguiendo un patrón en escalón. Afloran al norte y este del Departamento de Morazán.

➤ **Formación Bálsamo (b)**

Constituida por productos volcánicos, aglomerados principalmente, entre los que se intercalan tobas volcánicas endurecidas y coladas de lava basáltico-andesíticas que pueden llegar a tener espesores de 500 metros. Se les atribuye una edad entre 1.8-2.8 millones de años, desde el Mioceno superior al Pleistoceno. Las composiciones de las rocas volcánicas varían desde muy ácidas en los niveles inferiores, que afloran al este del Departamento, hasta intermedias y básicas en los niveles superiores, los cuales están representados en las coladas de lava del cerro Cacahuatique. Entre estos niveles se pueden encontrar suelos fósiles de color rojo con grosores de hasta 20 metros.

Las coladas de lava de esta formación aparecen, especialmente en el sector del Cacahuatique, formando paredones verticales, con una intensa fracturación provocada por el propio enfriamiento de las lavas. Esta constitución las hace propensas a la inestabilidad.

La formación Bálsamo está considerada en El Salvador como basamento impermeable, ya que en general los aglomerados y tobas presentan poca porosidad. Sin embargo, hay que precisar que las características hidrodinámicas varían debido a la intercalación de diferentes tipos de capas, las cuales pueden tener una variabilidad muy alta de rangos de permeabilidad.

➤ **Formación Cuscatlán (c)**

Secuencia volcánica del Plio-Pleistoceno, que aflora a lo largo de una alineación noroeste-oeste en zonas localizadas y limita al norte con muchas de las rocas más antiguas. En conjunto, corresponde a los productos de los volcanes individuales de la cadena volcánica antigua que atraviesa el norte del país, representado en el Departamento de Morazán por el cerro Cacahuatique. Se encuentran en esta formación tobas, escorias y cenizas endurecidas, con sedimentos fluviales y lacustres intercalados. También se encuentran suelos fósiles de color rojo de poca profundidad (hasta 4 m).

➤ **Formación San Salvador (s)**

Se encuentran principalmente en la cadena volcánica joven que atraviesa la parte sur del país y están compuestos por productos de los volcanes individuales. Estos productos son corrientes de lava, tobas, pómez, escorias y cenizas volcánicas, que se encuentran a veces con intercalaciones de sedimentos lacustres. El espesor de los estratos y la sucesión varía de volcán a volcán. También se encuentran suelos fósiles color café y negro. Esta formación aflora al sur del Departamento de Morazán representado por tobas de color café. La edad que se les atribuye es del Pleistoceno al Holoceno.

Estos materiales presentan en general una mayor permeabilidad que las rocas de las formaciones más antiguas, debido a su naturaleza de materiales no compactados.

➤ **Depósitos cuaternarios (Q)**

Corresponde a los sedimentos actuales, principalmente materiales aluviales y coluviales compuestos por gravas, arenas y arcillas producto de la erosión y transporte de materiales del subsuelo meteorizados y re TRABAJADOS. Estos depósitos suelen localizarse en el fondo de valles y depresiones locales, así en el Departamento de Morazán se encuentran principalmente en el sector sur, donde las cuencas y microcuencas tienen una mayor amplitud. En algunos casos, como el de la microcuenca del río Yamabal es posible encontrar estos depósitos recientes formando terrazas, aunque su espesor no sea relevante.

¹ Entre paréntesis se indica la nomenclatura de la formación que aparece en el mapa

FASES DEL ESTUDIO DE CASO

- a) Ubicación del área para el estudio de caso
- b) Inventario de campo de los procesos de inestabilidad
- c) Elaboración de cartografías de los factores condicionantes
- d) Realización del mapa geomorfológico y representación del inventario de movimientos de ladera a escala 1:25.000
- e) Ponderación de factores con círculos de susceptibilidad
- f) Reelaboración de los mapas temáticos de factores condicionantes ponderados

a) Ubicación geográfica 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 y su posterior extrapolación a todo el Departamento. Los criterios de selección de esta área fueron los siguientes:

- **Representatividad:** Por ser una área donde se producen de forma recurrente dos de las amenazas tratadas en este estudio: inestabilidad en laderas e inundaciones.
- **Ubicación geográfica:** El río Yamabal es tributario del río Grande de San Miguel, que drena la segunda cuenca más grande del país y que presenta problemáticas recurrentes de inundaciones en su parte más baja.
- **Importancia como recurso hídrico:** La microcuenca, que incluye en su parte alta parte del cerro Cacahuatique, es una de las principales zonas abastecedoras de agua del departamento.
- **Disponibilidad de información existente:** Se pudo recopilar información secundaria de esta área.
- **Necesidad existente de la instalación de un Sistema de Alerta Temprana** por inundaciones, debido a que se trata de una problemática recurrente en este sector.



b) Inventario de inestabilidades de ladera

El reconocimiento de las zonas afectadas por procesos de inestabilidad y su tipificación atendiendo a los modelos y mecanismos de rotura, materiales involucrados, etc., permite establecer los factores que han intervenido, así como el grado de influencia de cada uno de ellos. Aquellas áreas que presenten una confluencia similar de factores a la que se ha podido reconocer en las inestabilidades inventariadas por tipos de mecanismos y de roturas, serán susceptibles de sufrir inestabilidades cuando actúen los factores externos o desencadenantes.

En el área de la microcuenca del río Yamabal se realizó un exhaustivo reconocimiento visual de las inestabilidades de ladera, mayoritariamente localizadas en la parte alta, aunque también se han podido identificar en la parte media donde aparecen zonas con paredones verticales. También se inventariaron inestabilidades ubicadas en otras zonas del departamento, especialmente en los municipios del sector norte, pero de forma más puntual y dispersa.

En el inventario de campo se identificaron las características más importantes de cada una de las zonas afectadas por inestabilidades y se reconocieron principalmente dos tipos de procesos: los desprendimientos y los deslizamientos traslacionales.

Desprendimientos

Son los más usuales dentro de la microcuenca, donde se han identificado 20 movimientos de este tipo, así como en el resto del departamento, tal y como queda reflejado en el mapa de inventario por inestabilidades de laderas.

Los factores condicionantes que influyen en estas inestabilidades, como se comprueba con la aplicación de los círculos de susceptibilidad más adelante, son las altas pendientes, en muchos lugares prácticamente del 100% (paredes verticales), y la litología de la zona, compuesta por rocas de gran fragilidad. Además influyen la fracturación, la permeabilidad y el uso del suelo. Puede observarse un frente rocoso de altura variable y con un buzamiento prácticamente vertical. Las fracturas en la estructura son muy comunes y presentan orientaciones variables, aunque se puede indicar que la mayoría sigue la dirección de las fracturas generales de la zona (NNW-SSE, N-S,E-W).

También resulta característico el depósito de estas caídas, especialmente observable en los desprendimientos más recientes. Tienen una morfología en “lengua” en la que se encuentra el material rocoso anguloso mezclado con el suelo de poco grosor movido. En las inestabilidades más antiguas, la marca o cicatriz que se observa en el campo es algo diferente. Como en el caso anterior, se puede detectar la pared de donde se ha desprendido el material rocoso, con un cambio de color respecto al resto del talud, pero el material caído es rápidamente recubierto por vegetación. Se observa entonces, una lengua de vegetación con características diferentes a la masa vegetal de la zona.

Deslizamientos traslacionales

Este tipo de inestabilidades, a diferencia de los desprendimientos, es de menor envergadura y mueve una cantidad de material menor, por lo que su observación debe ser más detallada y la dificultad de reconocimiento es mayor. En la microcuenca del río Yamabal apenas se han reconocido movimientos de este tipo, sin embargo, en el resto de municipios del departamento se han identificado y caracterizado sus factores condicionantes.

En el campo se reconocen por el color de su cicatriz de cabecera. El escarpe presenta tamaños variables, pero en general no superan el metro y medio de altura. Afloran materiales areno-arcillosos de color rojo intenso producto de la alteración de la roca madre. La superficie de rotura del deslizamiento, semiplana u ondulada, suele ser el contacto entre el suelo y la roca con grados de alteración más o menos altos. Es

decir, se producen por la diferente competencia o resistencia de los materiales y se aprovechan las capas de rocas más duras como superficies de movilización de los suelos.

Se generan en condiciones de pendientes elevadas, pero de menor inclinación que en el caso de los desprendimientos rocosos. Otro factor importante en su generación es el perfil de alteración de los suelos, el que resulta difícil de establecer en estas zonas. Las condiciones climáticas favorecen la meteorización, sin embargo, se observa que el perfil de alteración varía enormemente en pocos metros en un mismo talud. Estos tipos de inestabilidades son muy comunes en los taludes de las carreteras por encontrarse con ángulos prácticamente verticales, aunque también se han encontrado en laderas naturales con inclinaciones más pequeñas. También se ha observado que son más comunes en litologías de carácter básico.

Ambos tipos de inestabilidad han sido identificados en los mapas de inventario, tanto para la microcuenca como para el departamento, a escala 1:25.000.

C) Elaboración de cartografías de los factores condicionantes

Los factores condicionantes de inestabilidad en laderas que se estudiaron, son:

- Geología
- Fracturación
- Características geomecánicas
- Hidrogeología y características de permeabilidad
- Vegetación o uso actual del suelo
- Capacidad de uso del suelo
- Pendientes
- Orientación de ladera

Todos han sido cartografiados para la microcuenca y para todo el departamento a partir de los mapas bases existentes, tratados y reelaborados en el SIG de ADEL-Morazán. Solo para algunos factores, como la vegetación, la elaboración de cartografías temáticas ha sido enriquecida con levantamientos de campo específicos en la zona de estudio de caso (microcuenca río Yamabal).

▪ Geología

El mapa geológico de la microcuenca del río Yamabal se ha elaborado con base en la cartografía geológica 1:100.000 realizada por DURR& STOBBER (1956) y el trabajo de campo realizado. Las limitaciones de tiempo para el desarrollo del estudio no han hecho posible una mejora sustancial de este mapa. Las litologías presentes en la microcuenca son predominantemente materiales volcánicos de composiciones ácidas a basáltico andesítica, con diferentes grados de alteración, según su antigüedad. Los materiales terciarios de la Formación Morazán, los más antiguos, afloran al sureste de la microcuenca; son lavas y tobas de carácter ácido e intermedio bastante consolidadas y en ocasiones afectadas por alteración hidrotermal. En el sector norte y centro de la microcuenca aparecen las lavas basáltico-andesíticas muy fisuradas de la Formación Bálsamo de edad miocena y pleistocena, que conforman el complejo del cerro Cacahuatique y que dominan la parte alta de la cuenca por la formación de paredones verticales. La Formación Cuscatlán, la más joven, aflora en el sector sur poniente de la microcuenca y está representada tanto por materiales volcánicos tipo tobas, como por materiales sedimentarios producto de la erosión y transporte de los primeros. En la zona sur de la microcuenca especialmente en el margen derecho, aparecen depósitos aluviales recientes, de edad cuaternaria, que forman terrazas de espesor poco relevante.

▪ Fracturación

En la microcuenca del río Yamabal y en general en todo el departamento de Morazán se han identificado por observación directa, a través de los estudios de fotointerpretación geológica

(fotografías del Instituto Geográfico Nacional (1:20.000-1979 y 1:30.000-1992)- y del análisis de imagen satélite Landsat-1998, dos grandes familias de fallas que no sólo afectan los materiales del substrato, sino que condicionan la forma del relieve, el sistema de drenaje y el curso de los ríos. Estas dos familias de fallas se disponen con orientaciones N-S y WNW-ESE principalmente. Existen otras familias de discontinuidades de menor importancia, como las de disposición radial alrededor del volcán Cacahuatique.

El mapa geológico, a pesar de su escala, reveló direcciones de lineamientos similares a las encontradas por la fotointerpretación y análisis de la imagen de satélite.

Cabe señalar la importancia de discontinuidades internas en macizos rocosos constituidos por coladas de lava, debido a la pérdida de volumen de las lavas en el proceso de solidificación. Estas discontinuidades pueden afectar a gran parte del macizo y son un aspecto importante que favorece la ocurrencia de inestabilidades, especialmente de desprendimientos.

▪ Características geomecánicas de los materiales

El estudio de litologías y las observaciones de campo permitieron determinar, al menos de forma cualitativa, las propiedades físicas y características geomecánicas de las formaciones rocosas, que fueron representadas en un mapa simplificado, según estas tres clases:

- a) rocas duras: corresponden a las rocas volcánicas efusivas, lavas basáltico-andesíticas, de la Formación Bálsamo que ocupan todo el sector norte y centro de la microcuenca, así como la parte sur en la zona de desembocadura del río Yamabal.
- b) Rocas moderadamente duras: correspondientes a las rocas de la Formación Cuscatlán, se ubican principalmente en el sector sur de la microcuenca.
- c) Suelos: correspondientes a los depósitos aluviales cuaternarios.

▪ Hidrogeología y permeabilidad de los materiales

La presencia de agua en los materiales que conforman las laderas y taludes da lugar a efectos negativos en la estabilidad de los mismos, especialmente en suelos cohesivos donde el contenido en humedad puede variar los parámetros de resistencia al corte, al aumentar las presiones intersticiales, o en macizos rocosos donde la estabilidad de la ladera se ve especialmente afectada por la presencia de agua en las discontinuidades. Así, el agua tiene dos papeles importantes, como factor erosivo y como factor desestabilizador.

Tomando como punto de partida el mapa geológico y conociendo el comportamiento hidrogeológico de las diferentes formaciones rocosas, se han elaborado mapas de permeabilidad a escala 1:25.000, zonificando el terreno en los siguientes grupos:

- a) terrenos permeables por porosidad
- b) terrenos permeables por fisuración
- c) terrenos de permeabilidad media-baja

Dentro de los materiales que afloran en la zona de estudio, los materiales detríticos cuaternarios y los relacionadas con los depósitos de cuenca son los de mayor permeabilidad y han sido catalogados como terrenos permeables por porosidad. La explotación de agua mediante pozos solo se realiza en estos materiales. Sin embargo, hay que mencionar que en ocasiones el contenido en arcilla puede ser elevado y transformar el acuífero en impermeable.

El resto de unidades geológicas son permeables por fracturación, por lo que serán capaces de infiltrar más o menos agua según sea el grado de presencia de fracturas. Dentro de este grupo se pueden diferenciar las litologías asociadas a un vulcanismo efusivo, en la parte norte, central y suroeste de la microcuenca y los generados por vulcanismo explosivo, (tobas volcánicas de la Formación Cuscatlán) ubicadas en el sector sureste, que presentan porosidades más elevadas y son más susceptibles de ser erosionados. La posibilidad de explotación en estas zonas va a estar condicionada a la presencia de fisuras interconectadas. En el caso del complejo Cacahuatique, por ejemplo, las lavas favorecen la infiltración y la recarga hídrica, que constituye hasta un 40% de la tasa de infiltración en todo el departamento.

■ Vegetación y usos del suelo

Los suelos en la microcuenca del río Yamabal son en general latosoles arcillosos rojizos con textura franco arcillosa y una profundidad efectiva de 30 a 50 cms; se encuentran en zonas con pendientes entre 40 a 80%.

Actualmente, entre los usos productivos de importancia se destacan el cultivo de granos básicos, café, hortalizas, piña, plátano, pastos y algunas zonas escasas de bosque. La elaboración del mapa temático de vegetación para el departamento de Morazán se realizó sobre la base de las imágenes de satélite Landsat de los años 1993 y 1994 y para la microcuenca se amplió a través de visitas de campo. Los grupos identificados fueron:

MICROCUEENCA		DEPARTAMENTO	
a) Granos básicos	e) Matorral ralo	a) Áreas urbanas	e) Granos básicos
b) Bosque secundario	f) Pasto y granos básicos	b) Bosques naturales	f) Henequén
c) Huertos y granos básicos	g) Tular y pastizales	c) Café	g) Pastos naturales y granos básicos
d) Café		d) Caña de azúcar	

El papel de la vegetación como factor condicionante de inestabilidad está relacionado con dos efectos principales: la sujeción que ejercen las raíces anclándose en capas más profundas y los efectos de desecación, regulando el contenido de agua en el suelo, uno de los agentes principales de inestabilidad. Por otra parte, la cobertura vegetal permite la infiltración efectiva de la precipitación y evita la capacidad erosiva de la lluvia al caer directamente sobre el suelo.

Con relación a estas funciones solamente en el cantón Joya del Matazano se encuentra una reserva de bosque natural, de 210 mz, incluida en el sistema de áreas protegidas del país. El resto está ocupado en gran parte por cultivos de granos básicos, localizados en una franja que se extiende en la parte norte y central de la cuenca, donde existen altas pendientes. Por otra parte, la zona sur, donde se encuentran los materiales detríticos más permeables, está ocupada por pastos, lo cual comporta una fuente de contaminación a los acuíferos explotados por pozos.

■ Capacidad de uso del suelo

Se ha determinado también como factor condicionante la capacidad de uso de la microcuenca. Los mapas han sido elaborados sobre la base de los mapas del I.G.N. a escala 1:100.000. La subdivisión de estos mapas se basa en ocho clases de suelos donde se pueden realizar a su vez otras subdivisiones. El uso fundamental que se ha dado a estos mapas ha estado orientado a diferenciar entre suelos arenosos y suelos con componente más arcillosa, ya que tendrán una diferente respuesta a la presencia de agua y por tanto será diferente su movilización. Esto se realizó de forma cualitativa teniendo en cuenta la descripción de los mismos, así como una evaluación visual en el campo. La escala de los mapas es demasiado grande por lo que su valoración en la susceptibilidad tiene un valor relativo.

El área se caracteriza por poseer suelos pobres y superficiales, inadecuados para una agricultura intensiva. La gran mayoría de los suelos son de los tipos VI y VII. Casi el 90% del área se encuentra sobreutilizada, es decir, su capacidad de uso ha sido sobrepasada.

■ Pendientes

Se tomaron como base de partida las hojas cartográficas 1:25.000 del I.G.N, así como las de escala 1:5.000 y 1:10000 en la parte alta y baja de la microcuenca, respectivamente. Con estas últimas de mayor detalle se ha realizado un mapa mediante el programa informático ILWIS, definiendo cuatro rangos en función de la presencia de inestabilidades identificadas:

- a) <25 b) 25° - 35° c) 35° - 50° d) >50°

La microcuenca del río Yamabal queda claramente dividida en dos sectores, la zona central y norte, donde se encuentran las pendientes de rangos superiores al 25%, claramente asociadas a los

paredones verticales de la antigua caldera del cerro Cacahuatique, y la parte sur con pendientes mucho más suaves, inferiores al 25%.

▪ Orientación de ladera

Otro de los factores relevantes en el proceso de las inestabilidades es la orientación de las laderas. Por ejemplo, en el caso de la entrada por el norte de frentes y temporales, las laderas con esta orientación son las que recibirán una mayor cantidad de agua de lluvia. Mediante el tratamiento SIG se ha generado un mapa donde se separan las laderas según la orientación hacia los puntos cardinales, de esta manera se ha determinado que un 18% del territorio de la microcuenca tiene orientación al norte y un 32 % está orientada al este.

d) Mapa geomorfológico y de inventario de movimientos de ladera

La geomorfología de la microcuenca está definida principalmente por factores estructurales y erosivos. En general, el relieve está condicionado por los diferentes sistemas de fracturas, con predominancia de las direcciones WNW-ESE, N-S y E-W, que determinan la orientación de los cursos fluviales y la distribución y morfología de los valles. En un nivel más local, el relieve está definido por diferentes formas erosivas, principalmente cárcavas, escarpes y conos de deyección. Estos últimos se sitúan bajo los farallones de rocas básicas, con grosores que no sobrepasan el medio metro. Tienen pendientes muy elevadas por lo que se encuentran en un proceso de estabilización.

En la microcuenca destaca la morfología de volcán de explosión del Cacahuatique, estructura residual de caldera, con un cambio de pendiente en las laderas que prácticamente coincide con un cambio litológico.

Un análisis detallado de las fotografías aéreas ha permitido la realización de un mapa morfológico a escala 1:25.000. Se ha representado el mayor número de morfologías que pueden tener cierta influencia en los procesos de inestabilidad, y se han clasificado en los siguientes grupos:

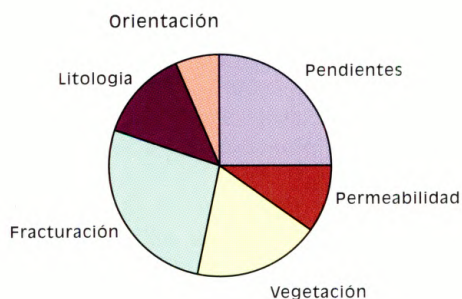
- Tectónico: morfologías ligadas a estructuras de origen tectónico, como escarpes de fallas, facetas triangulares, lineamientos, etc.
- Fluvial: morfologías ligadas a la acción de los torrentes como son las cárcavas, abanicos aluviales, etc.
- Gravitacional: morfologías asociadas a movimientos de ladera como deslizamientos, flujos y desprendimientos
- Otros: conos de derrubios, por ejemplo.

Para complementar la elaboración de estos mapas morfológicos, se ha llevado a cabo una exhaustiva labor de campo con la finalidad de identificar y caracterizar, a escala de detalle (1:5000), los movimientos de ladera que afectan a la microcuenca.

Los mapas geomorfológicos se han utilizado también para el estudio de inundaciones. Por este motivo, en la parte baja de la microcuenca se ha procurado representar la historia aluvial de los depósitos e identificar las zonas afectadas por inundaciones y los efectos de las mismas. Se establece una categoría de terraza y llanura de inundación, otra donde no se reconocen depósitos fluviales y una tercera de zona de tránsito, que refleja un sustrato con características intermedias donde hay un grado de alteración suficiente para su movilización con una inundación.

e) Ponderación de factores condicionantes con Círculos de Susceptibilidad

La superposición del mapa inventario de inestabilidades con los mapas de factores condicionantes, permite identificar los factores que confluyen en la aparición de cada tipo de inestabilidad. El reconocimiento de los mecanismos de rotura y la

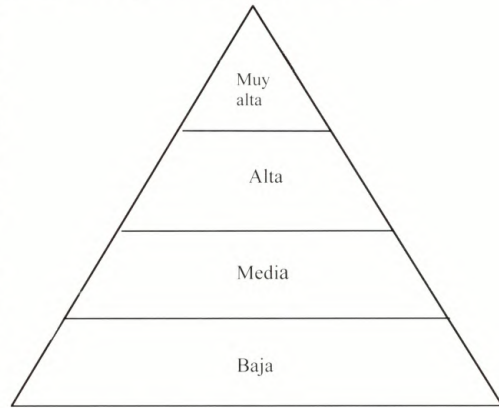


experiencia obtenida durante el inventario de campo, permite otorgar un peso a cada factor en función de su contribución a la inestabilidad.

Los círculos están divididos tanto en sectores como factores condicionantes involucrados en la inestabilidad y su apertura corresponde al grado de influencia del factor.

Cada sector a su vez está dividido en varios subsectores, los cuales representan los distintos rangos del factor que representa, tal y como aparecen en la leyenda del mapa temático correspondiente. Así por ejemplo, el sector de las pendientes se encuentra dividido en los subsectores: $>50^\circ$, $35^\circ-50^\circ$, $25^\circ-35^\circ$, $<25^\circ$. La posición de los subsectores es tal, que hacia el centro del círculo aumenta la contribución al grado de inestabilidad. Por ejemplo, en el caso de los desprendimientos que suelen producirse en taludes casi verticales, hacia el centro se encontrarán las pendientes mayores, así como un grado de facturación más elevado.

El grado final de susceptibilidad se determina en función de los rangos de valores asignados a cada uno de los factores, estableciéndose escalas de susceptibilidad que se resumen de la siguiente forma:



- Susceptibilidad **alta**: la combinación de los factores condicionantes se refleja en la zona interna del círculo
- Susceptibilidad **media**; la combinación de los factores condicionantes se refleja en la zona intermedia del círculo
- Susceptibilidad **nula-baja**; la combinación de factores condicionantes se refleja en la zona externa del círculo.

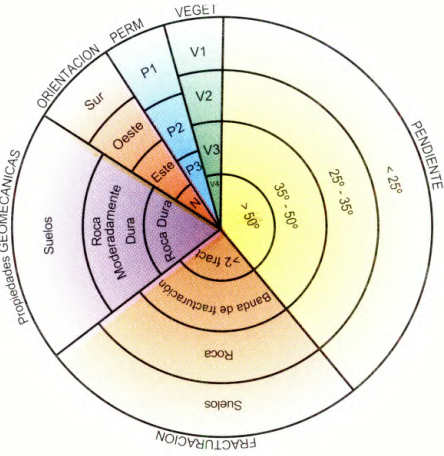
e.1) Círculo de susceptibilidad a desprendimientos rocosos

Los desprendimientos rocosos en la microcuenca del río Yamabal se producen por la confluencia de las siguientes condiciones:

- En macizos rocosos de rocas efusivas duras o moderadamente duras.
- Pendientes elevadas, generalmente en farallones casi verticales.
- Presencia de discontinuidades en el macizo, que van a formar los planos de rotura. Estas discontinuidades siguen generalmente las direcciones de fracturación regional de la zona, las diaclasas subhorizontales que se forman por el enfriamiento de las coladas, y las subverticales que se forman sobre todo en los materiales volcanoclasticos.
- Orientación de las laderas, factor que no es fácilmente cuantificable y que no presenta la relevancia de otros, sin embargo, se puede deducir que la dirección de entrada de los frentes fríos marca diferencias entre la humedad relativa de las laderas según su orientación. Así, las laderas orientadas al norte van a recibir mayor cantidad de agua que las orientadas al sur. Esto provoca que el grado de alteración o meteorización de estas laderas sea mayor.
- La vegetación asociada a los desprendimientos rocosos es el café, debido a que este cultivo se produce en zonas altas con altas pendientes.
- En macizos permeables principalmente por fisuración. En el campo se observó la presencia de agua a media altura de los frentes rocosos donde se produjo este tipo de inestabilidades. La parte superior del macizo suele presentar un grado de fracturación más elevado y el agua se infiltra hasta llegar a un nivel más impermeable donde aflora. La presencia de esta agua incrementa las presiones intersticiales en el macizo.

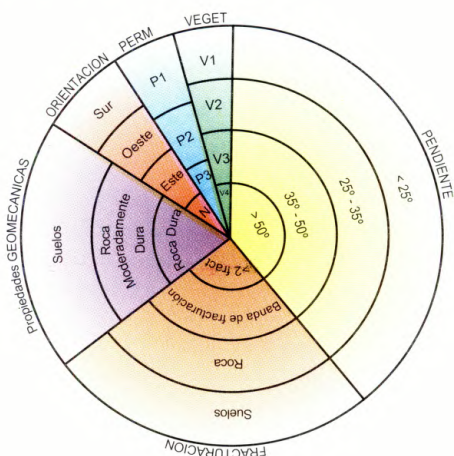
Como queda reflejado en los Círculos de Susceptibilidad, el factor condicionante más importante para el caso de los desprendimientos rocosos es la pendiente, a la que se le ha otorgado un mayor peso, seguido por la litología y fracturación con pesos equivalentes. Los siguientes factores en orden de importancia son la orientación, la permeabilidad y la vegetación.

CIRCULOS DE SUSCEPTIBILIDAD PARA DESPRENDIMIENTOS ROCOSOS EN LA MICROCUENCA DEL RIO YAMABAL Y EL DEPARTAMENTO DE MORAZÁN



Leyenda MICROCUENCA:

- P1; Permeabilidad por porosidad
P2; Permeabilidad media-baja
P3; Permeabilidad por fisuración
- V1; Granos básicos, Huertos, Pasto, Tular y pastizales
V2; Matorral ralo
V3; Bosque secundario
V4; Café



Leyenda DEPARTAMENTO

- P1; Permeabilidad por porosidad
P2; Permeabilidad media-baja
P3; Permeabilidad por fisuración
- V1; Área urbana y caña de azúcar
V2; Pasto natural y Grano básico
V3; Bosque natural y Henequén
V4; Café

Para los desprendimientos rocosos se han subdividido los factores condicionantes en los siguientes subgrupos de susceptibilidad:

PENDIENTES	LITOLOGÍA	FRACTURACION	
>50° Muy alta	Rocas Duras Alta	Cruce de dos o más fracturas Muy Alta	
50°-35° Alta	Moderadamente Duras	Banda de fracturación Alta	
35°-25° Media	Media	Roca Media	
<25° Baja	Suelos Baja	Suelo Baja	
ORIENTACIÓN	PERMEABILIDAD	VEGETACIÓN (microcuenca)	VEGETACIÓN (departamentos)
Al N Muy Alta	Permeabilidad por fisuración Alta	Café Muy Alta	Café Muy Alta
Al E Alta	Permeabilidad media-baja Media	Bosques secundarios Alta	Bosque natural y Henequén Alta
Al W Media	Permeabilidad por porosidad Baja	Matorrales ralos Media	Pasto natural y granos básicos Media
Al S Baja		Grano básico, granos básicos y huertos, pasto y granos básicos, tular y pastizales Baja	Área urbana y caña de azúcar Baja

e.2) Círculo de Susceptibilidad a deslizamientos traslacionales

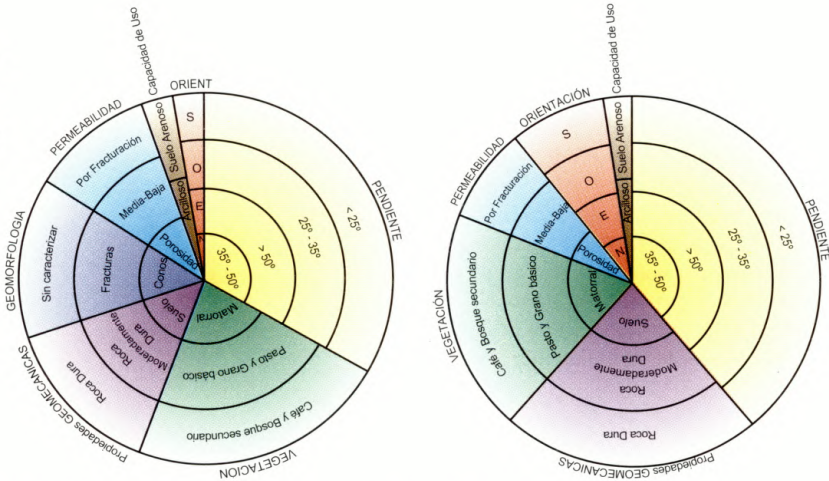
Este tipo de inestabilidades no es frecuente en la microcuenca, sin embargo, se han encontrado en las visitas realizadas al resto de los municipios del departamento. Los deslizamientos traslacionales se dan con la confluencia de las siguientes características:

- En materiales de alteración o coluviales; a pesar de que no existe una gran potencia de materiales, estos son capaces de movilizarse.
- En pendientes no muy inclinadas, no necesita de paredes verticales para su formación pero tampoco se dan en superficies sin inclinación.

- En materiales con permeabilidades más o menos altas, ya que necesita un agente que lo movilice.
- La vegetación a la que están asociadas suele ser pastos y ausencia de árboles.
- La orientación de las laderas tiene también su importancia, ya que cuanto más agua reciban estas laderas más disminuye su estabilidad.
- El agua juega un papel muy importante, ya que introduce nuevas presiones al sistema que disminuyen la resistencia al corte de los materiales.

El análisis geomorfológico del área de la microcuenca permitió realizar una valoración de la susceptibilidad más detallada para este sector. Igualmente para el caso de la vegetación, y del mismo modo que con los desprendimientos rocosos, se han realizado dos clasificaciones diferentes por la existencia de dos mapas a escalas distintas en el ámbito de microcuenca y del departamento.

CIRCULOS DE SUSCEPTIBILIDAD PARA DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO YAMABAL Y EN EL DEPARTAMENTO



Para los deslizamientos traslacionales se subdividieron los factores condicionantes en los siguientes subgrupos de susceptibilidad:

PENDIENTES	LITOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA
>50° Alta 50°-35° Muy Alta 35°-25° Media <25° Baja	Rocas Duras Baja R. Moderadamente Duras Media Suelos Alta	Conos de desprendimientos o Coluviales Alta Fracturación Media Resto Baja
ORIENTACIÓN	VEGETACIÓN (Microcuenca)	VEGETACIÓN (Departamento)
Al N Muy Alta Al E Alta Al W Media Al S Baja	Matorrales raros, granos básicos Alta Tular y pastizales, pastos y granos básicos, huertos y granos básicos Media Café y bosque secundario Baja	Pasto natural y granos básicos Muy Alta Bosque natural y Henequén Alta Café Media Área urbana y caña de azúcar Baja
PERMEABILIDAD		CAPACIDAD DE USO
Permeabilidad por porosidad Alta Permeabilidad por fisuración Media Permeabilidad media-baja Baja		Suelos tipo I, II, III Alta Suelos tipo IV, V VI, VII, VIII Baja

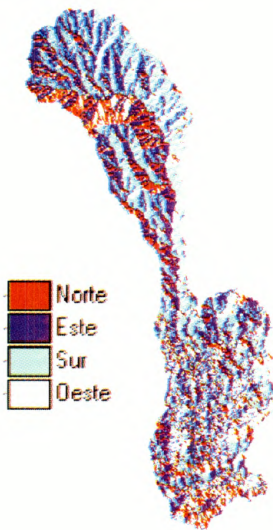
f) Reelaboración de los mapas de factores condicionantes ponderados

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. De esta manera se reelaboraron los mapas temáticos, atribuyendo a cada rango representado en ellos el peso de intervención a estos procesos, según los subsectores expresados en los círculos.

Por ejemplo para el mapa temático de orientaciones se atribuyó a cada categoría representada (laderas orientadas a los diferentes puntos cardinales) un valor que indica su influencia como subfactor condicionante.

Posteriormente, con el análisis en el Sistema de Información Geográfico se superpusieron los mapas de factores ya ponderados para dar como resultado el mapa de susceptibilidad a desprendimientos y a deslizamientos traslacionales, donde se visualizan las áreas con mayor y menor tendencia a la movilización, según cinco rangos de susceptibilidad (ver capítulo V).

MAPA ORIGINAL



MAPA CON PESO

