

# Vulnerabilidad y áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua, Honduras<sup>1</sup>

**Wilmer Reyes**

*wreyes@catie.ac.cr*

**Francisco Jiménez O.**

*catie.fjimenez@catie.ac.cr*

**Jorge Faustino M.**

*catie.faustino@catie.ac.cr*

**Sergio Velásquez**

*catie.svelasqu@catie.ac.cr*

Como elementos claves para reducir la vulnerabilidad a deslizamientos y otras amenazas naturales en la microcuenca del río Talgua se identificaron los siguientes: mejorar la educación de la población, manejar adecuadamente los recursos naturales, fortalecer las instituciones locales y la participación comunitaria y mejorar las condiciones socioeconómicas de la población.



Foto: Wilmer Reyes.

<sup>1</sup> Basado en Reyes Sandoval, WM. 2003. Vulnerabilidad a desastres naturales, determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la microcuenca del río Talgua, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118 p.

## Resumen

Se evaluó la vulnerabilidad y se determinaron áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua, Honduras. La metodología incluyó el uso de sistemas de información geográfica y variables biofísicas, socioeconómicas y ambientales divididas en dos grandes grupos: vulnerabilidad global y factores críticos que aumentan la vulnerabilidad y el riesgo a deslizamientos. El 66% del área de la microcuenca presentó un nivel de vulnerabilidad alto, el 8% vulnerabilidad media y el 26% vulnerabilidad baja. Los componentes físicos, técnicos e institucionales de la vulnerabilidad global presentaron los valores más altos. Según los factores críticos propuestos, el 50% del área de la microcuenca presenta criticidad media, el 23% criticidad alta y el 16% criticidad baja. Al integrar espacialmente la vulnerabilidad y la criticidad en una relación ponderada (60:40), el 20% del área de la microcuenca presenta un nivel de riesgo bajo, el 27% nivel de riesgo medio y el 53% un nivel de riesgo alto. Como elementos claves para reducir la vulnerabilidad a deslizamientos y otras amenazas naturales se identificaron los siguientes: mejorar los niveles de educación, manejar adecuadamente los recursos naturales, fortalecer las instituciones locales y la participación comunitaria y mejorar las condiciones socioeconómicas.

**Palabras claves:** Microcuencas; deslizamiento de tierras; desastres naturales; vulnerabilidad; riesgo; Honduras.

## Summary

### **Landslide vulnerability and critical areas in Talgua River micro-watershed, Honduras.**

Landslide vulnerability and critical areas were determined in Talgua River micro-watershed, Honduras. The methodology included the use of both GIS and variables related to global vulnerability and landslide risk critical factors. Variables evaluated involved three types: biophysical, socioeconomic and environmental. Results showed that 66% of the micro-watershed had a high vulnerability level, 8% mid vulnerability, and 26% low vulnerability. The physical, technical, and institutional components of global vulnerability showed the highest values. As for critical factors, 50% of the micro-watershed had a mid level of criticalness, 23% a high level and 16% a low level. Spatial combination of vulnerability and criticalness by a weighted relation (60:40) determined that 20% of the micro-watershed had a low risk level, 27% had a mid level, and 53% had a high risk level. Key factors for reducing vulnerability to landslide and other natural threats were identified; among them: improved education, improved natural resources management, strengthened local organizations and participation, and ameliorated socioeconomic conditions.

**Keywords:** Microwatersheds; landslides; natural disasters, vulnerability; risk; Honduras.

## Introducción

**A**mérica Central es una de las regiones más propensas a desastres en el mundo. Las características climáticas, geomorfológicas, geográficas y socioeconómicas, así como la degradación de los recursos naturales y la mala gestión ambiental potencian la capacidad de afectación de las amenazas naturales, principalmente de ciclones tropicales, inundaciones, sequías, deslizamientos,

sismos y erupciones volcánicas. La vulnerabilidad, entendida como el nivel de daño o pérdida que puede sufrir un elemento o grupo de elementos bajo riesgo (personas, estructuras físicas, actividades económicas, bienes, servicios, ambiente) es el resultado de la ocurrencia de un evento de una magnitud e intensidad dada, y se expresa en una escala de 0 a 100: sin daño a pérdida total (Jiménez 2006).

En cuencas de montaña, la gestión integral de cuencas hidrográficas está estrechamente relacionada con la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo a desastres causados por fenómenos naturales como huracanes, inundaciones, deslizamientos, avalanchas y sequías. La comprensión y entendimiento del entorno en el cual se desarrollan estos fenómenos resulta determinante para emprender cual-

quier acción que tenga como objetivo mitigar o reducir los impactos que pudieran generar eventos futuros. El análisis de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de posibles desastres naturales en una microcuenca es relevante por las siguientes razones: la vulnerabilidad es el único componente del riesgo que el hombre puede modificar para conocer quiénes son vulnerables, a qué son vulnerables y por qué son vulnerables; además, permite seleccionar áreas críticas de intervención prioritaria para planificar y ejecutar acciones de manera oportuna. El CATIE ha venido realizando en la región centroamericana una serie de estudios sobre la determinación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales en microcuencas hidrográficas (Cáceres 2001, Buch 2001, Meléndez 2001, Rivera 2002, Gómez 2003, Parra 2003, Reyes 2003, Salgado 2005).

La microcuenca del río Talgua, ubicada en el departamento de Olancho, Honduras, es un caso representativo de condiciones de alta vulnerabilidad. La presencia de asentamientos humanos precaristas en zonas de alto riesgo, el uso excesivo de los recursos naturales, los altos niveles de pobreza, la construcción de viviendas con materiales muy frágiles y la falta de conocimiento y entendimiento del riesgo aumentan la vulnerabilidad y limitan significativamente la capacidad de gestión y acción necesaria para la prevención de desastres naturales. El objetivo del estudio fue, entonces, determinar el grado de vulnerabilidad y las áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua.

### Metodología

**Evaluación de la vulnerabilidad: parámetros críticos que pueden aumentar la vulnerabilidad a deslizamientos**

La vulnerabilidad en sí misma constituye un sistema dinámico; es decir, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores

y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. A esa interacción de factores y características se le denomina vulnerabilidad global; para efectos de análisis se consideran diferentes tipos de vulnerabilidad: física, social, ecológica, económica, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, institucional (Wilches-Chaux 1993). Para cada tipo de vulnerabilidad se identifican variables e indicadores representativos de la microcuenca,

= baja, 2 = media, 3 = alta, 4 = muy alta. La asignación de límites cuantitativos a los indicadores y parámetros críticos se establece con base en la situación propia y específica de la microcuenca, subcuenca o cuenca en estudio, o grupo de ellas. El Cuadro 2 muestra un ejemplo para el indicador de vulnerabilidad física “número de viviendas en laderas peligrosas en la microcuenca del río Talgua”, el cual incluye la valoración del parámetro “grado de pendiente”.



Foto: Wilmer Reyes.

La microcuenca del río Talgua es un caso representativo de condiciones de alta vulnerabilidad

según la metodología descrita por (Jiménez et ál. 2004), los cuales se evaluaron en cada una de las comunidades asentadas en la microcuenca del río Talgua (Cuadro 1).

A nivel de la microcuenca se midieron cuatro parámetros críticos que pueden aumentar la vulnerabilidad a deslizamientos: el tipo de cobertura vegetal, la pendiente del terreno, la intensidad de uso del suelo y la cantidad de lluvia. Cada indicador de vulnerabilidad y cada parámetro crítico se caracterizaron cualitativamente y se les asignó una valoración: 0 = muy baja o nula, 1

El valor de cada tipo de vulnerabilidad se obtiene al promediar el resultado de dividir el valor obtenido para cada uno de los indicadores evaluados en ese tipo de vulnerabilidad entre el valor máximo posible de cada indicador (o sea, 4) y multiplicando ese resultado por 100. La vulnerabilidad global se obtiene de promediar los diferentes tipos de vulnerabilidad. La caracterización de cada tipo de vulnerabilidad y de la vulnerabilidad global se realizó ubicando los valores obtenidos dentro de la escala propuesta en el Cuadro 3. La valoración porcentual

**Cuadro 1.** Variables e indicadores utilizados para la estimación de la vulnerabilidad en la microcuenca del río Talgua, Honduras

Tipo de vulnerabilidad	Variables repuesta	Indicador
Física	Asentamientos humanos en laderas	Número de viviendas en laderas peligrosas
	Asentamientos humanos en las riberas de ríos y quebradas	Número de viviendas en riberas de ríos o quebradas
	Resistencia física de las viviendas	Tipo de materiales de construcción
	Infraestructura comunal	Porcentaje de la población con acceso a albergues en caso de emergencias
	Accesibilidad	Condiciones de acceso durante el año
Social	Organización comunal	No. de organizaciones activas existentes
	Instituciones presentes en la zona	No. de instituciones presentes en la zona
	Salud	Ubicación geográfica de los centros de atención y tipo de servicio de salud brindado
	Acceso a medios de comunicación	Porcentaje de la población con acceso a radio y televisión
	Población	Índice de crecimiento poblacional
Ecológica	Erosión de suelos	Tipo de erosión predominante
	Deforestación	Porcentaje del área deforestada
	Agricultura migratoria	Porcentaje del área con agricultura migratoria y sin prácticas de conservación de suelos y aguas
Económica	Capacidad económica	Ingreso promedio anual <i>per cápita</i>
	Desempleo	Porcentaje de la población desempleada
	Dependencia económica	Número de actividades productivas
	Acceso a servicios públicos	Porcentaje de la población con acceso a servicios públicos
Política	Apoyo municipal y estatal a proyectos comunales	Número de proyectos ejecutados por año
	Participación comunitaria en las decisiones locales	Número de representantes de la comunidad que participan en las decisiones municipales
	Liderazgo en la comunidad	Porcentaje de la población que reconoce a sus líderes
Técnica	Equipo y maquinaria para prevención y atención de emergencias	Disponibilidad y ubicación del equipo y maquinaria
	Tecnología de construcción de obras e infraestructura en zonas de riesgo	Porcentaje de estructuras y obras físicas construidas con técnicas adecuadas.
Ideológica	Participación comunal en la fase pre-desastre: preparación y prevención	Porcentaje de la población que participa en acciones de preparación y prevención
	Reacción comunal en la fase de impacto y rehabilitación de los desastres	Porcentaje de la población que participa en la emergencia y la rehabilitación
	Percepción fatalista	Porcentaje de la población que tiene percepción fatalista de los desastres
Cultural	Participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de riesgos	Porcentaje de mujeres que participan en estas actividades
	Programas radiales o televisivos locales sobre prevención de desastres	Número de programas mensuales sobre estos temas
	Integración intercomunal para prevenir o mitigar riesgos	Porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo con otras comunidades
Educativa	Acceso a la educación	Porcentaje de analfabetismo en la población
	Educación orientada a la prevención y mitigación de desastres naturales	Porcentaje de la población que ha sido capacitada en estos temas
Institucional	Instituciones relacionadas con prevención y mitigación de desastres naturales	Número de instituciones vinculadas con este tema con presencia activa en la comunidad
	Capacitación de personal técnico	Porcentaje de técnicos capacitados en el año

de cada uno de los parámetros críticos que pueden aumentar la vulnerabilidad a deslizamientos (el tipo de cobertura vegetal, la pendiente del terreno, la intensidad de uso del suelo y la cantidad de lluvia), así como la caracterización de la criticidad se realizó de manera similar a la descrita para la vulnerabilidad.

### Ponderación de los indicadores de vulnerabilidad y de los parámetros críticos

Con el fin de determinar la importancia relativa de cada uno de los indicadores y parámetros en la vulnerabilidad a deslizamientos, se realizó una ponderación para asignar un mayor peso al valor que represente la situación más crítica y el menor peso al estado que indique la situación menos crítica. Para ello se usó el modelo siguiente:

Vulnerabilidad global =  $\Sigma$  Índices de vulnerabilidad \* F = (a \* F) + (b \* F) + (c \* F) + (d \* F) + (e \* F) + (f \* F) + (g \* F) + (h \* F) + (i \* F) + (j \* F)

donde, a = física, b = social, c = ecológica, d = económica, e = política, f = técnica, g = ideológica, h = cultural, i = educativa, j = institucional, F = contribución relativa (%) de cada tipo de vulnerabilidad a la vulnerabilidad global (0,15; 0,15; 0,10; 0,15; 0,05; 0,05; 0,05; 0,05; 0,15 y 0,10).

Integración de factores críticos =  $\Sigma$  Índices de factores críticos \* F = (a \* F) + (b \* F) + (c \* F) + (d \* F)

donde, a = tipo de cobertura vegetal, b = pendiente del terreno, c = intensidad de uso del suelo, d = cantidad de precipitación, F= contribución relativa (%) de cada parámetro a la criticidad (0,25; 0,30; 0,25; 0,20).

### Distribución espacial e integración de la vulnerabilidad y los parámetros críticos

La distribución espacial de la vulnerabilidad y del grupo de parámetros críticos se realizó con la ayuda de ArcView 3.3 (extensiones *Spatial*

*Analyst y Model Builder*). Se generó un mapa de vulnerabilidad y otro de factores críticos, a partir de los valores promedios ponderados obtenidos para cada tipo de vulnerabilidad y para cada parámetro o factor crítico. La distribución espacial ponderada se realizó con el modelo ya presentado.

La integración de la vulnerabilidad global con los factores críticos se realizó mediante la superposición de

ambos mapas, dando como resultado el mapa de áreas críticas. Los niveles de vulnerabilidad resultaron de la integración (superposición ponderada) de la vulnerabilidad y la criticidad, según la correspondencia que se presenta en el Cuadro 4. Las áreas de intervención prioritarias son aquellas en que la vulnerabilidad alta o muy alta coincide con los parámetros de criticidad alta o muy alta (Cuadro 4).

#### Cuadro 2.

Ejemplo de valoración del indicador “número de viviendas ubicadas en laderas peligrosas en la microcuenca del río Talgua, Honduras”

No. de viviendas en laderas	Pendiente (%)	Vulnerabilidad
>8	> 40	Muy alta
7-8	31-40	Alta
5-6	21-30	Media
3-4	11-20	Baja
0-2	0-10	Muy baja

#### Cuadro 3.

Caracterización de la vulnerabilidad según su valoración porcentual

Vulnerabilidad (%)	Caracterización
0-19,9	Muy baja
20-39,9	Baja
40-59,9	Media
60-79,9	Alta
80-100	Muy alta

#### Cuadro 4.

Matriz para la determinación de áreas críticas con mayor vulnerabilidad y riesgo a deslizamientos

		Factores críticos que favorecen la vulnerabilidad y riesgo a deslizamientos				
		0	1	2	3	4
Nivel de vulnerabilidad según indicadores	0	00	01	02	03	04
	1	10	11	12	13	14
	2	20	21	22	23	24
	3	30	31	32	33	34
	4	40	41	42	43	44

■ Área crítica    ■ Área medianamente crítica    ■ Área menos crítica

## Resultados y discusión

El Cuadro 5 muestra los niveles de vulnerabilidad en la microcuenca del río Talgua. La vulnerabilidad física, técnica e institucional presentaron los valores más altos, de acuerdo con los indicadores utilizados en el estudio. En términos de área, el 26% de la microcuenca presenta vulnerabilidad baja, el 8% vulnerabilidad media y 66% vulnerabilidad alta (Fig. 1). El mapa resultante de la superposición

ponderada de los factores críticos (Fig. 2) indica que la microcuenca presenta un 0,38% del área con criticidad muy baja, 16% con criticidad baja, 50% con criticidad media, 23% con criticidad alta y 9% con criticidad muy alta. La variable más influyente fue la pendiente, ya que, por un lado, predominan las áreas con pendientes mayores a 40% y, por otro lado, fue la variable con el mayor peso relativo (30%).

Determinación de áreas críticas a deslizamientos en función de la vulnerabilidad e integración de factores críticos

El riesgo a deslizamientos se determinó mediante la superposición ponderada de la vulnerabilidad y la integración de factores críticos; se asignaron pesos relativos de 60 y 40% a la vulnerabilidad y factores críticos, respectivamente (Modelo 1). Los resultados muestran que la micro-

### Cuadro 5.

Resumen de promedios por cada tipo de vulnerabilidad en las diferentes comunidades que conforman la microcuenca del río Talgua

Comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	Media	V. Global (%)	Tipo de vulnerab.
Buena Vista	3,20	1,67	2,33	3,00	1,33	4	2,7	2,7	3,5	4	2,84	71,08	Alta
Flor del Café	3,60	1,33	1,67	3,25	1,33	4	2,7	2,7	2,5	4	2,71	67,70	Alta
Pinabetal	3,20	1,00	2,00	3,00	1,33	4	2,7	2,7	2,5	4	2,64	66,08	Alta
La Florida	3,60	1,67	3,00	3,00	1,33	4	2,7	2,7	4,0	4	3,00	75,00	Alta
La Unión	3,20	0,67	1,33	2,50	1,00	4	2,7	2,7	1,5	4	2,36	59,00	Media
Santa Fe	3,40	1,50	3,00	2,50	1,33	4	2,7	2,7	3,5	4	2,86	71,58	Alta
<b>Media</b>	<b>3,37</b>	<b>1,31</b>	<b>2,22</b>	<b>2,88</b>	<b>1,28</b>	<b>4,00</b>	<b>2,70</b>	<b>2,70</b>	<b>2,92</b>	<b>4,00</b>	<b>2,74</b>	<b>68,4</b>	<b>Alta</b>
% / tipo	84,2	32,7	55,5	71,9	32,0	100	67,5	67,5	73,0	95,8	67,4	---	---
<b>Caracterización</b>	<b>Muy Alta</b>	<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>	<b>Baja</b>	<b>Muy alta</b>	<b>Alta</b>	<b>Alta</b>	<b>Alta</b>	<b>Muy alta</b>	<b>Alta</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

V1 = Vulnerabilidad física, V2 = Vulnerabilidad social, V3 = Vulnerabilidad ecológica, V4 = Vulnerabilidad económica, V5 = Vulnerabilidad política, V6 = Vulnerabilidad técnica, V7 = Vulnerabilidad ideológica, V8 = Vulnerabilidad cultural, V9 = Vulnerabilidad educativa, V10 = Vulnerabilidad institucional

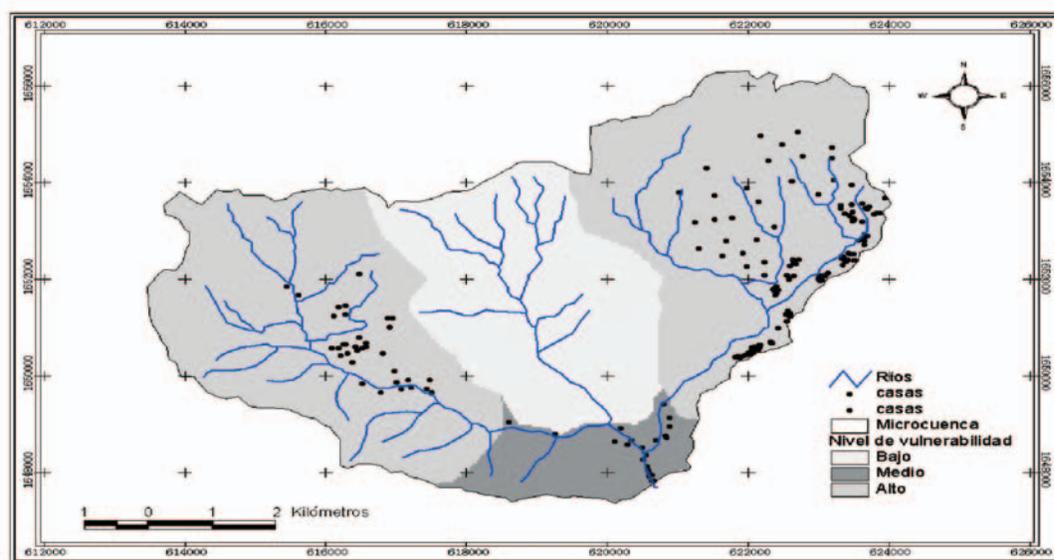
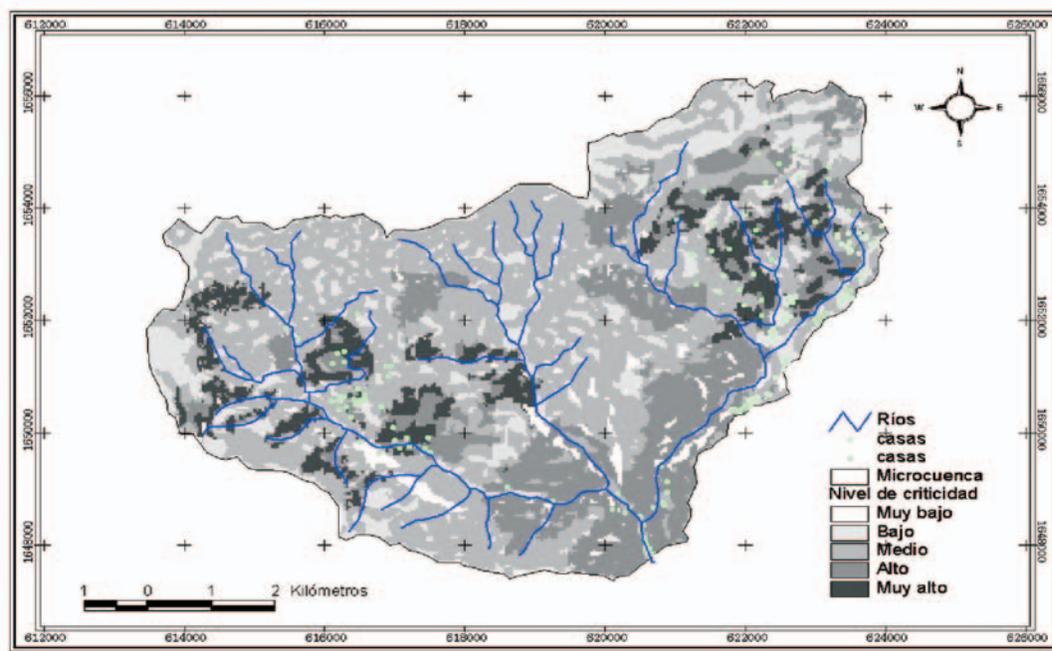


Figura 1. Niveles de vulnerabilidad en la microcuenca del río Talgua, Honduras

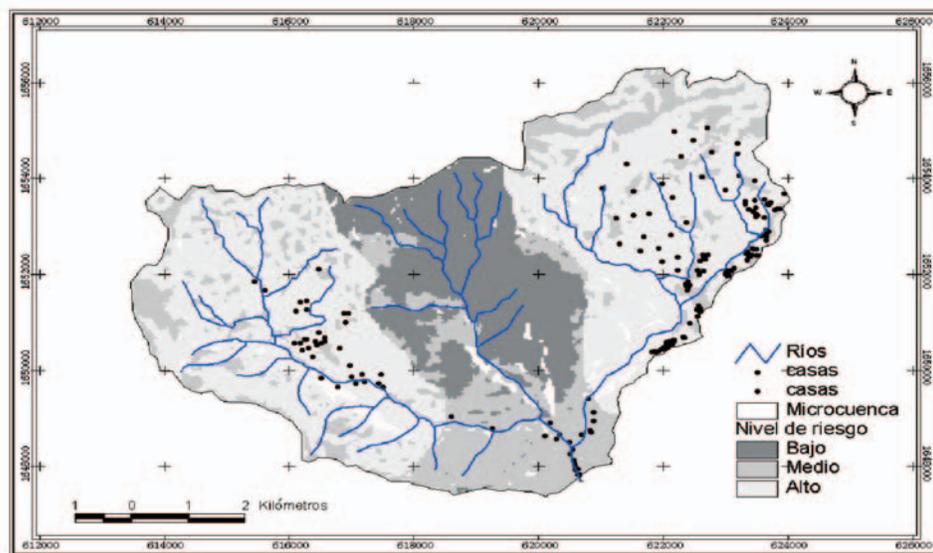
cuenca presenta un 20% de área con nivel de riesgo bajo, 27% con riesgo medio y 53% con riesgo alto (Fig. 3). Las zonas de riesgo bajo son aquellas donde la vulnerabilidad es baja porque no hay poblaciones establecidas. Por el contrario, los valores muy altos se presentan en aquellas áreas donde hay asentamientos humanos.

Con el fin de modelar la variación de los diferentes niveles de riesgo, en función de los pesos relativos asignados a la vulnerabilidad y a los factores críticos, se corrieron tres modelos más. Modelo 2: pesos de 70-30 para la vulnerabilidad y factores críticos, respectivamente; Modelo 3: pesos de 50-50 y Modelo 4: a todos los tipos de

vulnerabilidad y a los factores críticos se les asignó un igual peso relativo (Cuadro 6). No hubo variación en los niveles de riesgo entre los modelos 1 y 2 ni entre los modelos 3 y 4; sin embargo, estos últimos sí presentaron diferencias con respecto a los modelos 1 y 2, principalmente porque se reflejan niveles de riesgo muy bajos.



**Figura 2.** Niveles de criticidad en la microcuenca del río Talgua, Honduras, según la integración de los factores críticos



**Figura 3.** Riesgo a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua, Honduras (Modelo 1)

## Cuadro 6.

Área de la microcuenca Talgua bajo diferentes niveles de riesgo a deslizamientos, según la relación de pesos relativos de vulnerabilidad global y factores críticos

Nivel de riesgo	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Muy bajo	0	0	0	0	292	3,5	234	2,8
Bajo	1660	19,8	1660	19,8	3106	37,1	2979	35,7
Medio	2233	26,7	2233	26,7	4313	51,6	4516	53,9
Alto	4474	53,5	4474	53,5	655	7,8	645	7,7

Junto con el estudio de vulnerabilidad, se hizo un análisis de zonificación de las amenazas a deslizamientos según el conocimiento local. Los resultados de ambos coinciden en gran medida. Partiendo de los resultados de este estudio, más lo expresado por las comunidades, se sugieren los siguientes elementos claves para definir acciones de mitigación: educación, manejo adecuado de los recursos naturales, fortalecimiento institucional local, participación comunitaria y mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población

### Conclusiones

#### Sobre aspectos metodológicos

La metodología aplicada ha demostrado su efectividad, y pudiera extrapolarse a otras cuencas de la región o áreas de mayor o menor criticidad

de gestión del riesgo para establecer prioridades de acción y asignación de recursos económicos y humanos. Sin embargo, es importante mencionar que a medida que se incrementa el número de variables, el análisis espacial se vuelve más complejo.

La metodología se fundamenta en indicadores que consideran una visión sistémica e integral de la microcuenca, pero con aplicación directa a las comunidades que integran la misma. Sin embargo, la valoración de cada indicador y factor crítico, así como su ponderación, exige un manejo cuidadoso para reducir al mínimo la subjetividad implícita en este tipo de evaluaciones.

#### Sobre los resultados

Los niveles de vulnerabilidad no presentaron variación espacial al modificar los porcentajes de influen-

cia de cada tipo de vulnerabilidad. Por lo tanto, la asignación de pesos se puede manejar a partir de criterios locales.

Los niveles de criticidad, según los factores propuestos, coinciden en gran medida con las altas pendientes (60% del área de la microcuenca presenta pendientes superiores a 40%), las áreas dedicadas a la agricultura, la poca cobertura boscosa y la fuerte precipitación.

Como elementos claves para reducir la vulnerabilidad a deslizamientos y otras amenazas naturales en la microcuenca del río Talgua se identificaron los siguientes: mejorar la educación de la población, manejar adecuadamente los recursos naturales, fortalecer las instituciones locales y la participación comunitaria y mejorar las condiciones socioeconómicas de la población. 

### Literatura citada

- Buch Texaj, MS. 2001. Evaluación del riesgo a deslizamientos en la subcuenca Matanzas, Río Polochic, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p.
- Cáceres Johnson, K. 2001. Metodologías para estimar degradación y vulnerabilidad a desastres naturales: aplicación a la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 124 p.
- Gómez Rivera, SN. 2003. Análisis de la vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 78 p.
- Jiménez, F. 2006. Manejo de Desastres Naturales (Apuntes de clase). Turrialba, CR, CATIE. 235 p.
- Jiménez, F; Velásquez, S; Faustino, J. 2004. Análisis integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central. *In VI Semana Científica (Resúmenes)*. Turrialba, CR, CATIE. p. 50-53.
- Meléndez Valle, BA. 2001. Uso de los recursos naturales y su relación con la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 93 p.
- Parra Pichardo, YK. 2003. Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos y avalanchas en la zona de Orosí, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 155 p.
- Reyes Sandoval, WM. 2003. Vulnerabilidad a desastres naturales, determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la microcuenca del río Talgua, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118 p.
- Rivera Torres, LH. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 158 p.
- Salgado, RA. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 172 p.
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. *In Maskrey, A. (Comp.). Los desastres no son naturales*. Colombia, La Red. p. 9-50.