

Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Honduras¹

Ramón Antonio Salgado

rsalgado@catie.ac.cr

Sergio Velásquez

CATIE. svelasqu@catie.ac.cr

Francisco Jiménez

CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

Jorge Faustino

CATIE. faustino@catie.ac.cr

La microcuenca del río Gila presenta niveles altos de vulnerabilidad global ante las amenazas de deslizamientos e inundaciones. La mayor vulnerabilidad se da en la parte técnica, institucional, educativa, económica y física. Es necesaria la participación de la población para lograr que las medidas que se deban tomar en la microcuenca tendientes a lograr el buen manejo, y a reducir la vulnerabilidad tengan éxito.



Foto: Wilmer Reyes.

¹ Basado en Salgado, R.A. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba. CR. 172 p.

Resumen

Esta investigación se realizó en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras, con el fin de precisar la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones. La metodología incluyó la determinación de la vulnerabilidad global, la identificación participativa de amenazas mediante mapeo comunitario, la identificación de áreas críticas y estimación del riesgo a deslizamientos e inundaciones mediante modelación hidrológica e hidráulica, la integración espacial de la vulnerabilidad y las áreas críticas, la jerarquización de zonas con mayor riesgo y la propuesta de lineamientos y acciones concretas para la prevención de desastres. La microcuenca presenta una vulnerabilidad alta para ambas amenazas analizadas (inundaciones 64,6% y deslizamientos 68,6%). Los componentes técnicos, institucionales y educativos presentaron los valores más altos. El mapeo comunitario del riesgo mostró bastante similitud con lo elaborado por SIG. La principal diferencia fue que los habitantes marcaron lugares muy puntuales donde el efecto era muy visible o actual; el SIG, en cambio, permite definir otras zonas que no se pueden determinar a simple vista. Se recomienda la implementación de un programa de prevención de desastres y gestión del riesgo basado en el apoyo a iniciativas que propicien los cambios estructurales y culturales necesarios para el fortalecimiento institucional en la gestión del riesgo, ordenamiento del territorio y manejo de cuencas.

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

Summary

Landslide and flood risk analysis in Gila River micro-watershed, Honduras. The research was carried out in Gila River micro-watershed, Copán, Honduras, with the aim of defining vulnerability to landslide and flood. The methodology included: determination of global vulnerability, participative identification of threats by means of community mapping, critical areas identification, landslide and flood risk estimation through hydrologic and hydraulic modeling, spatial integration of vulnerability and critical areas, prioritization of highest risk zones, and proposed guidelines and actions for disaster prevention.

The micro-watershed is highly vulnerable to both threats (floods 64.6% and landslides 68.6%). Technical, institutional and educational components showed the highest values. The community risk map was very similar to the one generated by GIS. The main difference was that settlers pointed out very specific places where effects were evident; GIS can determine places not obvious at a first sight. A disaster prevention and risk management program should be implemented to promote structural and cultural changes that strengthen governance in risk management, land use planning and watershed management.

Keywords: Microwatersheds; landslides; flooding; natural disasters; vulnerability; risk; Honduras.

Introducción

Los fenómenos naturales han estado presentes durante toda la evolución del planeta y, hoy en día, causan mucho daño y pérdidas en vidas humanas, económicas y alteraciones al ambiente. En Centroamérica, fenómenos como el huracán Mitch han provocado la destrucción de importantes centros poblados, carreteras, tierras de cultivo y viviendas, y han puesto en evidencia la vulnerabilidad natural del ambiente (CEPAL 2000). Las inundaciones y los deslizamientos, provocados por la mala gestión de la tierra, prácticas agrícolas inadecuadas, pastoreo excesivo y deforestación, han causado devastación en la región.

La gestión integrada de cuencas se basa en los enfoques ecosistémico y socioambiental, y busca desarrollar procesos a largo plazo en procura de la sostenibilidad de los recursos naturales. En estos enfoques, la cuenca hidrográfica es la unidad básica de planificación, manejo y gestión. En Centroamérica, el manejo y gestión de cuencas hidrográficas está estrechamente relacionado con la reducción de la vulnerabilidad y riesgo a desastres naturales. Por sus características geográficas, geológicas, geomorfológicas, climáticas y socioeconómicas, la región es altamente vulnerable a los desastres. El manejo de cuencas tiene, entonces, como eje fundamental la reducción de la vulnerabilidad, principalmente la asociada a fenómenos hidroclicmáticos como inundaciones, deslizamientos, avalanchas y sequías (Jiménez et ál. 2004).

El objetivo del estudio fue realizar un análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras, ya que la zona urbana del municipio de Cabañas se localiza en áreas amenazadas por inundaciones y deslizamientos en la microcuenca. La fuerte erosión y arrastre de partículas se evidencian en el alto

nivel de sedimentación observada en los dos vertederos construidos en las microcuencas de los ríos Gila y Copán. Con frecuencia, los deslizamientos, hundimientos y derrumbes en época de lluvias alteran o impiden el desplazamiento por carreteras y caminos. En consecuencia, la microcuenca, su población y el ambiente enfrentan una situación que pone en peligro las vidas humanas y amenaza con la destrucción de la infraestructura actual, los recursos naturales y los cultivos. Es urgente, entonces, tomar decisiones técnicamente fundamentadas para paliar la situación.

Metodología

La investigación se realizó en la microcuenca del río Gila, localizada en el departamento de Copán, entre 14°43'00" y 14°58'00" Norte, y entre 88°53'00" y 89°14'00" Oeste (Fig. 1). La microcuenca abarca la totalidad del territorio del municipio de Cabañas. Su extensión se estima en 130,5 km² y pertenece a la subcuenca del río Copán, que a su vez, forma parte de la cuenca del río Motagua, en la región fronteriza entre Honduras y Guatemala.

Organización de la investigación

El estudio constó de tres fases para la recopilación, análisis e interpretación de la información. En la primera fase se recolectó información secundaria,

se elaboró el proyecto de estudio y se presentó a la Corporación Municipal del municipio de Cabañas, a las instituciones públicas y privadas presentes en la zona y a las comunidades. Este primer acercamiento también sirvió para iniciar la recuperación de información en las diferentes comunidades, seleccionar actores interesados en participar en los talleres que se desarrollarían posteriormente y establecer contacto con técnicos de las diferentes instituciones presentes en la zona. Además, en esta fase se empezó a elaborar la cartografía base para los análisis de vulnerabilidad y amenazas.

La segunda fase consistió en la recolección de información primaria; para ello, se utilizaron métodos y técnicas diversas, como los talleres participativos, ejercicios grupales y encuestas. La tercera fase consistió en el análisis de resultados; se consideraron los siguientes aspectos: a) determinación de la vulnerabilidad global a deslizamientos e inundaciones; esta información se recuperó mediante talleres y encuestas que ayudaron a identificar los indicadores biofísicos y socioeconómicos; b) definición de áreas críticas a deslizamientos e inundaciones (modelación hidrológica e hidráulica); c) identificación participativa de las amenazas a través del mapeo comunitario; d) definición del riesgo a

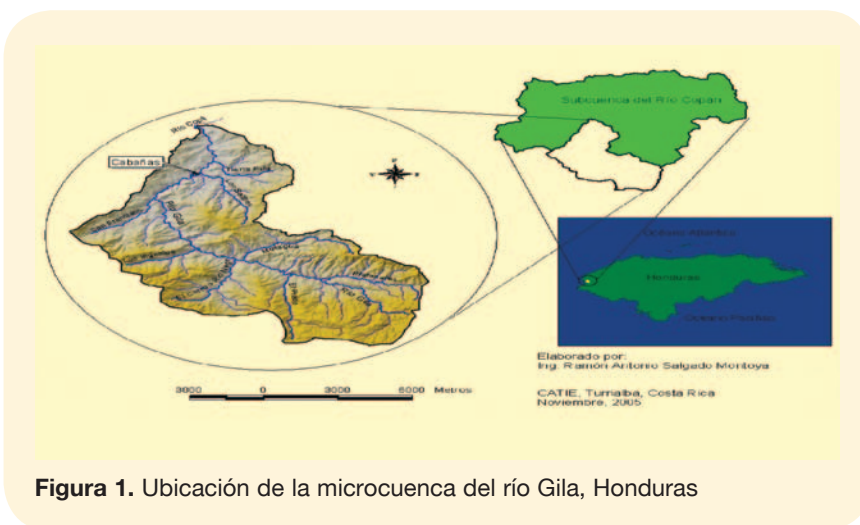


Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río Gila, Honduras

inundaciones y deslizamientos en la microcuenca a través de la integración de la vulnerabilidad global a las áreas críticas; para ello se utilizó el SIG como herramienta de análisis; e) jerarquización de las zonas con mayor riesgo a inundaciones y deslizamientos, y f) propuesta de lineamientos y acciones concretas para la prevención de desastres.

Determinación de la vulnerabilidad global

Según Wilches-Chaux (1993), hay diferentes tipos de vulnerabilidad global: social, económica, política, institucional, ideológica, cultural, educativa, física, técnica, ecológica. Para evaluar la vulnerabilidad en la microcuenca del río Gila, se identificaron todos los elementos que pudieran estar en riesgo bajo una amenaza particular. La información se recuperó mediante entrevistas con preguntas específicas a los informantes claves y representantes de instituciones que trabajan en actividades relacionadas con el tipo de vulnerabilidad. Se empleó el mismo enfoque metodológico utilizado en varios estudios realizados por el CATIE en diferentes cuencas de América Central (Cáceres 2001, Buch 2001, Meléndez 2001, Rivera 2002, Gómez 2003, Parra 2003, Reyes 2003, Jiménez et ál. 2004, Salgado 2005). Según este enfoque, para cada uno de los tipos de vulnerabilidad se deben identificar indicadores representativos de la microcuenca. En la microcuenca del río Gila, se seleccionaron indicadores para inundaciones y deslizamientos. Unos indicadores son medibles cuantitativamente y otros cualitativamente; entonces, para lograr uniformidad en el análisis de los mismos, se estandarizaron las variables que contienen a cada uno de los indicadores. Para ello, se determinó el grado de influencia que los distintos valores (variable observada) tienen en el indicador para obtener un determinado nivel

de severidad en la vulnerabilidad; es decir que entre mayor sea el aporte del indicador a la vulnerabilidad, mayor será el valor estandarizado. Se propone una ponderación lineal con valores de 0 – 4, donde 0 es la menor vulnerabilidad y 4 la mayor.

El cálculo de cada tipo de vulnerabilidad en la microcuenca se realizó con base en el procedimiento que se detalla a continuación:

- Se suman los valores de los índices de calificación correspondiente a cada una de las variables o indicadores considerados, luego de su ponderación.
- El valor resultante se divide entre el número total de índices para obtener un índice promedio.
- El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice (4) y se multiplica por cien para obtener el nivel de vulnerabilidad en porcentaje de la microcuenca para cada tipo de vulnerabilidad correspondiente.
- Este porcentaje se compara con la siguiente escala de vulnerabilidad:

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

Determinación de las amenazas

Con la ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG) se crearon mapas de amenazas según un esquema de clasificación cualitativo y con énfasis en inundaciones y deslizamientos. A continuación se detallan los pasos metodológicos seguidos para obtener los mapas de amenazas.

Amenaza de inundaciones

Esta amenaza fue evaluada en tres fases: 1) Cálculo de caudales pico para cada una de las microcuencas que forman el río Gila, mediante los programas HEC-HMS e HidroEsta.

2) Determinación de las planicies de inundación mediante el programa HEC-RAS, extensión Hec-GeoRas, combinado con ArcView 3.3. 3) Definición de las planicies de inundación según diferentes periodos de retorno (2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años), mediante ArcView. A continuación se describe cada una de las fases.

Modelación hidrológica (cálculo de caudales máximos)

Para el análisis se utilizó el modelo hidrológico HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System*), el cual permite simular el escurrimiento superficial en la cuenca de un río, como producto de una precipitación. La microcuenca se representa como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos; cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca. La representación de un componente requiere de un conjunto de parámetros que especifiquen las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso de la modelación es el cálculo de los hidrogramas del flujo en sitios elegidos de la cuenca. Para la modelación hidrológica se tomaron en cuenta los afluentes permanentes del río Gila: Tierra Fría, Los Salitres, San Francisco, Los Ingenios, El Cerro o Río Negro, Motagua, El Prado y Platanares.

La modelación hidrológica con HEC-HMS requiere lo siguiente:

- Modelo de la cuenca: contiene parámetros y datos conectados con elementos hidrológicos.
- Modelo meteorológico: para el cálculo de la precipitación máxima se emplearon datos meteorológicos de la estación La Entrada, la más cercana al área de estudio; se usó, además, el análisis estadístico Log Pearson tipo III y la tormenta de diseño.

- Especificaciones de control: hora de inicio y finalización de la simulación.

Modelación hidráulica (definición de las planicies de inundación)

La modelación hidráulica se desarrolló con el modelo HEC-RAS y la extensión de ArcView Hec-GeoRas. Dicha modelación consideró, al igual que la modelación hidrológica, los principales afluentes de la microcuenca del río Gila. El procedimiento de modelación incluye los siguientes pasos:

1. Trabajo previo en ArcView: elaboración, por medio de Hec-GeoRas, de una serie de ficheros que formaron parte del archivo de importación procesado por HEC-RAS. Estos ficheros contienen información de las secciones transversales.
2. Trabajo en HEC-RAS: procesamiento de la información del fichero de importación de ArcView, información del índice de rugosidad “n” de Manning, introducción de otras secciones transversales y datos de flujo, ejecución del modelo y creación del fichero de exportación para ArcView.
3. Trabajo final en ArcView: procesamiento del fichero de exportación de HEC-RAS y generación de las planicies de inundación en la microcuenca del río Gila.

Amenazas de deslizamientos

Se tomaron en cuenta cuatro factores críticos que inciden de manera directa en la vulnerabilidad a deslizamientos: la intensidad de uso del suelo, la cobertura vegetal, la pendiente y la precipitación. La distribución espacial de los cuatro factores se realizó con ArcView 3.3 (extensiones *Spatial Analysis* y *Model Builder*); para cada factor crítico se definieron los indicadores, se clasificaron cualitativamente y se les dio una valoración. El análisis incluyó también el reconocimiento de campo y caracterización de los peligros derivados de

terrenos inestables mediante el análisis geomorfológico y uso de mapas, fotos aéreas y ortofotos.

Mapeo participativo y gestión del riesgo

Con el fin de concretar propuestas de acción ajustadas a necesidades sentidas, se desarrolló un proceso de investigación participativa mediante el trabajo con colectivos, asociaciones, grupos comunales y otros actores del municipio. Con ello se buscaba motivar la vinculación ciudadana y favorecer la creatividad social en beneficio de la comunidad local. El enfoque de participación usado fue “mapas participativos de riesgo”. Este procedimiento busca la elaboración del conocimiento sobre un objeto de estudio, que sea útil socialmente y que permita la implementación de planes de acción integral, donde la participación ciudadana plena y consciente sea el eje articulador.

El mapa participativo registra en forma gráfica los diferentes componentes de un área de estudio, los ubica y describe en el espacio y en el tiempo, y documenta las percepciones que los pobladores tienen sobre el estado, su distribución y manejo.

Con la colaboración de actores locales claves que participaron durante todo el proceso, se validaron los resultados obtenidos, se programaron las acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad y el riesgo a deslizamientos e inundaciones y se definieron lineamientos para la gestión del riesgo en la microcuenca del río Gila.

Resultados y discusión

Evaluación de la vulnerabilidad global a deslizamientos

El Cuadro 1 muestra los resultados de vulnerabilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Gila. Tres componentes de la vulnerabilidad presentan índices muy altos: técnica, educativa e institucional. Uno de los principales problemas técnicos encontrados es que los puentes y las obras de reducción de riesgo no están cumpliendo con su función; por ejemplo, el puente que comunica a Cabañas con las demás comunidades se encuentra en mal estado, y el dissipador de energía ubicado en las proximidades de la confluencia del río Gila con el río Copán se encuentra cubierto con sedimento. Esto refleja el poco (o nulo) mantenimiento que reciben las obras.

Cuadro 1. Análisis de vulnerabilidad global a deslizamientos en la microcuenca del río Gila, Honduras

Tipo de vulnerabilidad	Promedio por vulnerabilidad	Vulnerabilidad existente (%)	Caracterización de la vulnerabilidad
Física	2,36	58,88	Media
Social	1,69	42,23	Media
Ecológica	2,68	67,05	Alta
Económica	3,10	77,56	Alta
Política	1,33	33,33	Baja
Técnica	3,82	95,45	Muy alta
Ideológica	1,35	33,71	Baja
Cultural	2,55	63,64	Alto
Educativa	3,46	86,49	Muy alta
Institucional	3,50	87,58	Muy alta
Vulnerabilidad global a deslizamientos	2,58	64,59	Alta

La vulnerabilidad educativa es también muy alta debido, principalmente, a que la mayor parte de la población no conoce sobre aspectos de prevención de riesgos. El índice de desarrollo humano en el municipio de Cabañas es de 0,437, la tasa de analfabetismo es de 44,4% y el logro educacional promedio es de 0,376. Cabañas es el segundo municipio con mayores problemas educativos en el departamento y ocupa la posición 277 a nivel nacional. El único centro educativo básico del municipio está en el casco urbano; en consecuencia, los niños y jóvenes no tienen muchas posibilidades de educarse pues la mayoría no cuenta con las condiciones económicas para cubrir gastos de alimentación, hospedaje y transporte. El municipio no cuenta con instituciones de educación secundaria ni universitaria.

La vulnerabilidad institucional resultó también muy alta porque no existe un plan de prevención de desastres; ninguna de las instituciones que trabajan en el municipio tiene un componente de reducción del riesgo. Recientemente, algunas instituciones, ONG y proyectos han iniciado acciones en la zona; tal es el caso del Programa Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas (Focuecas II), la Comisión de Acción Social Melonita (CASM), la Comunidad Hábitat y Financiamiento (CHF), el Proyecto Norte de Copán y la Municipalidad de Cabañas. Así, la CASM viene trabajando en la creación del Comité de Emergencia Municipal, con la colaboración de las instituciones presentes en la zona, y CHF busca establecer un sistema de alerta temprana.

La vulnerabilidad ecológica es alta en la microcuenca. El café es el principal cultivo y cubre el 49,1% del área total de la microcuenca; el área ocupada por pastos y otros cultivos representan el 50,9% del área total. En la zona se practica la

agricultura migratoria; además, en los cultivos no se implementan prácticas adecuadas de conservación de suelos. Este tipo de vulnerabilidad es la que potencialmente tiende a incrementarse por falta de tierras para cultivo y la presión sobre el bosque para extraer leña y aumentar el área de cultivo.

La microcuenca presenta una vulnerabilidad económica alta. Unas pocas familias se dedican al cultivo de café y crianza de ganado. El resto de la población posee cultivos de subsistencia (maíz y frijol); como única entrada de recursos, las familias se dedican al corte de café en la temporada de cosecha. No hay diversificación agropecuaria ya que los pobladores no conocen las tecnologías apropiadas ni tienen los recursos económicos para adoptar una producción diversificada que les ayude a mejorar sus niveles de vida. El 81% de los hogares del municipio tienen necesidades básicas insatisfechas, y el 72% tiene dos o más necesidades básicas insatisfechas. Gran parte de las comunidades (una población aproximada de 3467 habitantes) no cuentan con servicio de agua potable; únicamente el casco urbano de Cabañas tiene servicio de alcantarillado sanitario, por lo que 6638 personas aproximadamente viven en condiciones insalubres.

La vulnerabilidad cultural también es alta. Esto se debe a la poca participación de los pobladores (mujeres y hombres) en actividades relacionadas con la prevención y mitigación de riesgo. En la zona no hay ningún tipo de servicio informativo ni divulgativo que promueva la gestión del riesgo; el único servicio de información es la radio (la televisión cubre solo el casco urbano). En los talleres participativos, el 80-100% de los pobladores manifestaron su disponibilidad para ejecutar cualquier acción que favorezca la prevención y mitigación del riesgo en la zona.

Si bien la vulnerabilidad física mostró un índice medio, es un factor de cuidado en la microcuenca pues comunidades como Platanares, El Guayabo y Las Juntas presentan vulnerabilidad física muy alta, y alta en Cabañas y Río Negro. En estas comunidades hay casas que por su estructura (material de construcción) y ubicación están en riesgo y requieren de atención especial al momento de presentarse un evento de lluvia extrema que pueda provocar deslizamientos e inundaciones.

Evaluación de las amenazas

Amenaza de inundaciones

Caudales pico para cada microcuenca

Para el cálculo de caudales pico de las microcuencas se tomaron en cuenta los ocho principales afluentes del río Gila. El Cuadro 2 presenta los parámetros medidos para el cálculo de los caudales pico (área de cada microcuenca, número de curva (CN), tiempo de concentración (Tc), tiempo de retardo e infiltración potencial máxima). Además, se tomó en consideración la clasificación hidrológica del suelo según cobertura forestal y uso del suelo. La microcuenca del río Gila presenta un área tributaria de 130,51 km², los tipos de suelo predominantes en la zona son: Chandala, Suelos de los Valles y Sulaco. La clasificación hidrológica de los suelos indica que el 85,5% tiene una capacidad hidrológica de tipo C y un 18,5% de tipo A. Los caudales pico para diferentes periodos de retorno, para cada una de las quebradas y para la microcuenca en su conjunto, se presentan en el Cuadro 3. El caudal pico de cada microcuenca es proporcional al área, la condición hidrológica, capacidad hidrológica y la cobertura vegetal.

Para un periodo de retorno de 50 años, por ejemplo, las microcuencas que presentan un mayor caudal son: Río Negro -la de mayor área (13,67 km²), con un caudal de

65,93 m³/s, Motagua (45,08 m³/s) y San Francisco (41,62 m³/s). La microcuenca Platanares, a pesar de ser una de las más grandes (10,52 km²), presenta un menor caudal pico (12,28 m³/s). Esto se debe a que la mayoría de los suelos en esta microcuenca son del tipo Suelos de los Valles (98,3%); estos suelos tienen una capacidad hidrológica tipo “A”, lo que indica que tienen bajo potencial de escorrentía y, en consecuencia, menor caudal.

Determinación de las planicies de inundación

La modelación hidráulica de las planicies de inundación, realizada con HEC-RAS y Hec-GeoRas, se representa en el mapa de amenaza de inundaciones para los periodos de retorno establecidos en el estudio (Fig. 2). Se puede observar que la zona más vulnerable es la que comprende toda la planicie de inundación, por lo que los elementos localizados en esta área corren el riesgo de ser destruidos o severamente dañados, si se presentara una fuerte avenida. Entre las estructuras en riesgo están las tomas de acueductos, algunas viviendas (especialmente en la comunidad de Cabañas), los puentes y vías de comunicación localizados

en el curso del río. Muchos de estos puentes fueron destruidos con el paso del huracán Mitch. Otro elemento muy importante lo constituye la considerable superficie dedicada al cultivo de tomate en la planicie de inundación más cercana a la comunidad de Cabañas.

De acuerdo con la modelación hidráulica para un periodo de retorno de 50 años (Cuadro 4), las quebradas Motagua, Los Salitres y Platanares son las que pueden ocasionar más daño, ya que tienen

una mayor velocidad de agua en el cauce, un caudal pico superior y un número de Froude supercrítico (>1). La siguiente quebrada en grado de peligrosidad es Río Negro, que presenta un caudal pico superior a las demás pero la velocidad del agua es menor. San Francisco y Los Ingenios presentan velocidades menores y su número de Froude es subcrítico (<1), pero su aporte en caudal es significativo, por lo que también debe dárseles la importancia debida para fines de planificación.

Cuadro 2.

Parámetros medidos en las quebradas que conforman la microcuenca del río Gila para calcular caudales máximos con el modelo HEC-HMS

Microcuencas	Área (km ²)	CN	Tc (min)	Tiempo retardo (min)	Infiltración potencial máxima (mm)
Platanares	10,52	43,0	42,39	25,44	67,34
El Prado	8,57	76,0	32,31	19,39	16,04
Motagua	9,87	81,3	50,92	30,55	11,68
Río Negro	13,67	81,5	38,26	22,95	11,53
Los Ingenios	6,90	76,0	26,14	15,68	16,04
San Francisco	9,70	76,0	40,21	24,13	16,04
Los Salitres	7,46	76,0	36,39	21,84	16,04
Tierra Fría	7,93	76,0	28,28	16,97	16,04
Río Gila	130,51	70,0	178,92	107,35	21,77

Cuadro 3.

Caudales pico de cada quebrada y de la microcuenca del río Gila, para diferentes periodos de retorno

Microcuencas	Caudales pico m ³ /s para diferentes periodos de retorno								
	2	10	20	25	50	100	200	500	1000
Platanares	0,65	5,66	8,33	9,24	12,28	15,60	19,40	26,45	32,31
El Prado	12,75	25,84	31,38	33,19	38,92	44,87	51,03	59,53	66,20
Motagua	16,72	31,13	37,06	38,99	45,08	51,35	57,82	66,71	73,66
Río Negro	24,55	45,59	54,25	57,06	65,93	75,07	84,50	97,47	107,60
Los Ingenios	10,70	21,59	26,19	27,69	32,46	37,39	42,50	49,56	55,09
San Francisco	13,70	27,68	33,58	35,51	41,62	47,96	54,53	63,64	70,79
Los Salitres	10,73	21,81	26,49	28,02	32,88	37,92	43,14	50,35	56,00
Tierra Fría	12,13	24,52	29,75	31,46	36,88	42,50	48,32	56,35	62,64
Río Gila	100,77	207,38	252,93	267,84	323,22	381,57	442,78	528,23	595,80

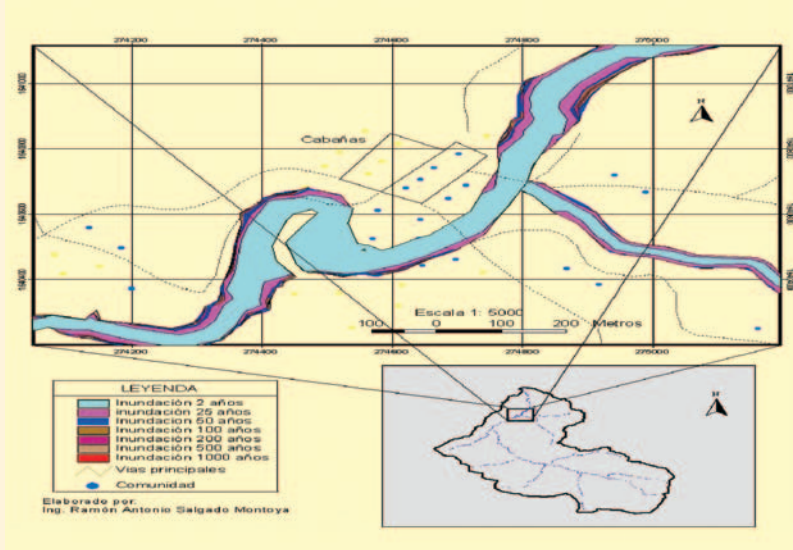


Figura 2. Mapa de amenaza de inundaciones en la microcuenca del río Gila, Honduras para diferentes periodos de retorno

Cuadro 4.

Características hidráulicas de las quebradas que conforman la microcuenca del río Gila, Honduras, para un periodo de retorno de 50 años

Microcuenca	Área (km ²)	Caudal pico (m ³ /s)	Velocidad agua canal (m/s)	Longitud (m)	Número de Froude
Platanares	10,52	9,24	6,45	5795,18	1,37
El Prado	8,57	33,19	5,21	5333,12	0,98
Motagua	9,87	38,99	6,71	6693,80	1,33
Río Negro	13,67	57,06	5,10	5553,13	1,04
Los Ingenios	6,90	27,69	4,95	3663,72	1,08
San Francisco	9,70	35,51	4,81	4470,28	0,97
Los Salitres	7,46	28,02	5,89	5324,28	1,32
Tierra Fría	7,93	31,46	5,12	3484,32	1,04

Amenaza de deslizamientos

A los cuatro indicadores propuestos se les asignaron pesos relativos según su importancia en los deslizamientos: a la pendiente se le asignó un peso de 30%, a la precipitación 20%, a la intensidad de uso 25% y al uso actual 25%. Al superponerse los cuatro mapas se obtuvo el mapa de áreas críticas a deslizamientos (Fig. 3). El análisis refleja que la comunidad de Cabañas (densidad poblacional de 145,5 hab/ km²) es la que presenta mayor peligro a deslizamientos; de

hecho, el 15% del área de esta comunidad se encuentra bajo un riesgo alto y el 57% bajo riesgo medio. En la misma situación se encuentran las comunidades, aldeas y caseríos que se ubican a 100 metros o menos de distancia de las zonas de más alto riesgo a deslizamientos. Los resultados de la superposición indican que la microcuenca en general presenta un 4% del territorio con criticidad muy baja, 51% con criticidad baja, 39% con criticidad media y 6% de criticidad alta (Fig. 4).

Mapeo comunitario vs. mapeo mediante SIG

En la Fig. 5 se comparan el mapa elaborado con SIG y el dibujado en un taller de mapeo comunitario por los participantes de la comunidad de Las Juntas. Es evidente que ambos mapas muestran fuertes coincidencias, tanto en cuanto a los usos del suelo como en cuanto a la identificación de las zonas de riesgo.

El mapa SIG de riesgo a deslizamientos identifica un riesgo medio en la zona, tomando en cuenta las condiciones de pendiente, cobertura, precipitación e intensidad de uso. El modelo no identifica zonas de riesgo alto; sin embargo, la comunidad percibe estas zonas de riesgo medio como zonas de alto peligro. El buen nivel de conocimiento que los pobladores tienen de su entorno debiera aprovecharse para la prevención y mitigación de riesgo; con su ayuda, se pueden hacer diagnósticos rápidos acerca de los problemas en la comunidad y elaborar mapas de riesgo o de otra clase según el análisis requerido.

La diferencia entre lo reportado por los informantes claves y lo realizado con SIG estriba en que los habitantes señalan lugares muy puntuales donde el efecto de deslizamientos es muy visible o actual; el SIG, en cambio, permite definir las zonas de acuerdo con parámetros o indicadores y sus pesos no se pueden determinar a simple vista.

Estrategias para la gestión del riesgo

Para que el manejo de la microcuenca del río Gila tenga éxito y contribuya a la reducción de la vulnerabilidad y, en consecuencia, a la reducción del riesgo en la zona, al menos se deberían considerar las siguientes acciones:

- Crear conciencia entre los actores de que la microcuenca es un sistema integral, en el cual los flujos de agua actúan como ejes naturales para la interrelación entre los múltiples componentes de la misma.

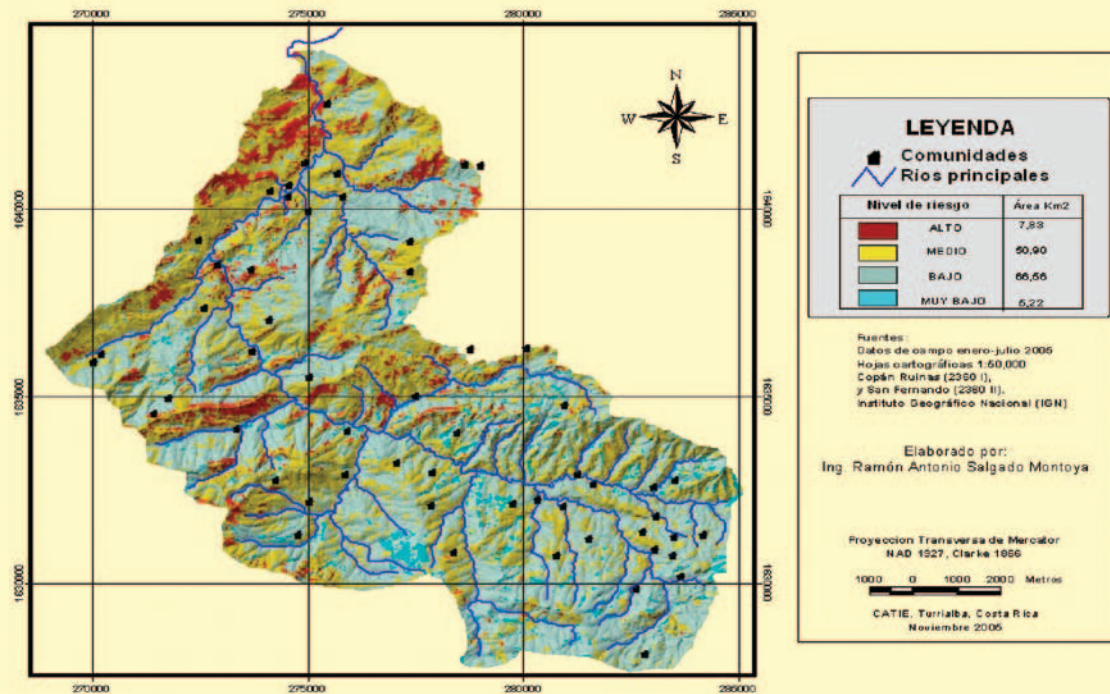


Figura 3. Áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Gila, Honduras

- Limitar al máximo la construcción de estructuras permanentes en las llanuras aluviales, por medio de una adecuada gestión del territorio (ordenamiento territorial). En todas partes, los pobladores prefieren las llanuras aluviales por la fertilidad de sus suelos o la disponibilidad de una tierra plana. A medida que las poblaciones aumentan y que hay más competencia por la tierra y sus recursos, se van ocupando zonas con mayores riesgos potenciales a deslaves e inundaciones, como montañas y laderas escarpadas.
- Asegurar que los pocos bosques ribereños existentes sean protegidos; con esto se asegura la existencia de zonas de amortiguamiento en los cursos de agua, que contribuyan al control de la sedimentación y la contaminación. Es de tomar cuenta que el 51% de la microcuenca del río Gila se encuentra deforestada.

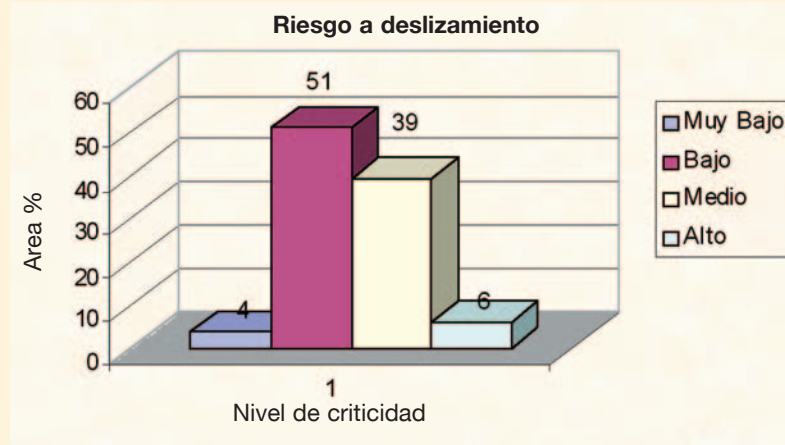


Figura 4. Nivel de criticidad de riesgo a deslizamientos en la microcuenca del río Gila, Honduras

- No permitir, o limitar al máximo posible, las actividades agrícolas intensivas en zonas con pendientes superiores a un porcentaje dado que refleje la capacidad de uso de la tierra. De acuerdo con el mapa de capacidad de uso de los suelos de la microcuenca, un 35% de la misma está siendo sobre utilizada.
- Limitar, o prohibir por completo, la tala en la zona protegida de La Fortuna ubicada en la parte alta

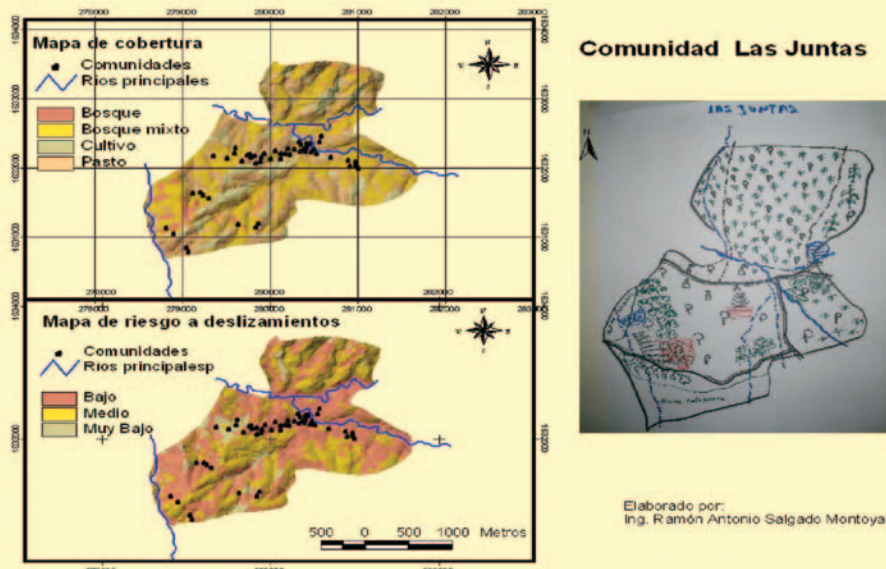


Figura 5. Comparación del mapa comunitario de Las Juntas y los elaborados mediante el sistema de información geográfica ArcView, microcuenca del río Gila, Honduras

de la microcuenca. Esta protección debe hacer énfasis en la conservación, producción y manejo sostenible de este bosque.

- Promover el establecimiento de mecanismos de pago por servicios ambientales que provean fondos para el manejo de la microcuenca y, con ello, reducir la vulnerabilidad y riesgo a desastres.
- Promover mecanismos de cooperación y coordinación interinstitucional entre la municipalidad de Cabañas, programas, proyectos y ONG que trabajan en la zona; optimizar el uso de los recursos financieros y técnicos para contribuir al manejo sostenible de la microcuenca.

Conclusiones

La microcuenca del río Gila presenta niveles altos de vulnerabilidad global ante las amenazas de deslizamientos e inundaciones. La mayor vulnerabilidad se da en la parte técnica, institucional, educativa, económica y física.

Los ejercicios de mapeo comunitario son una buena herramienta para discutir y reflexionar acerca de los beneficios, usos, manejos y limitaciones de los recursos naturales de

una comunidad o zona determinada. Esta herramienta debiera utilizarse para fomentar la participación de los pobladores y lograr su colaboración y apoyo para las medidas que se deban implementar en la microcuenca.

La información cartográfica existente de la zona es limitada, por lo que el mapa de áreas susceptibles

a inundaciones elaborado para este estudio se basó en hojas cartográficas a escala 1:50.000. Este mapa constituye una herramienta de planificación, pero no puede ser utilizado para el diseño de obras; para ello se requieren mapas en escalas que ofrezcan mayor detalle, como 1:5.000 o 1:10.000. 🌿

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.
- CEPAL (Comisión Económica de América Latina y el Caribe). 2000. La reducción de la vulnerabilidad: un tema de desarrollo. Santiago, CH, CEPAL. 45 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; 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 Orosi, 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.