

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA  
CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSTGRADO**

**ANÁLISIS INTEGRAL DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS E  
INUNDACIONES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO GILA,  
COPÁN, HONDURAS**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

*Magister Scientiae* en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

Por

Ramón Antonio Salgado Montoya

Turrialba, Costa Rica, 2005

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

*MAGISTER SCIENTIAE*

**FIRMANTES:**



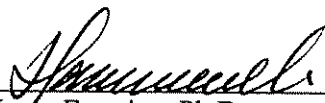
---

Sergio Velázquez, M.Sc.  
**Consejero Principal.**



---

Francisco Jiménez, Dr.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Jorge Faustino, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



---

Glenn Galloway, Ph.D.  
**Director Programa de Educación y  
Decano de la Escuela de Posgrado**



---

Ramón Antonio Salgado Montoya  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme el don de la vida, sabiduría y salud para poder culminar este nuevo reto de mi vida.

A mi madre Lilian Elizabeth y a mi padre Trino Antonio por su apoyo en este nuevo triunfo que también es de ellos.

A mi esposa Xiomara Yamileth, por su sacrificio, entrega, voluntad, apoyo y amor en el logro de este éxito, que también es de ella.

A mis dos pequeños hijos, Ramón Eduardo y Katherine Michelle, por ser mi inspiración para la realización de este nuevo reto.

A mis dos hermanos Lilian y Ernesto por el apoyo brindado.

A todos mis familiares tíos, tías, primos, sobrinos, a mi suegra, mis cuñadas, que de una y otra forma me dieron su apoyo para el logro de este éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios creador del universo y dueño de mi vida, que me permitió culminar con éxitos este nuevo reto.

A mi profesor consejero MSc. Sergio Velásquez, por su apoyo y confianza para la realización de este trabajo

A los Doctores Francisco Jiménez y Jorge Faustino quienes como miembros del comité asesor de tesis, contribuyeron con valiosas sugerencias para la realización de esta tesis.

Al Programa FOCUENCAS ASDI por haberme otorgado la beca de estudios en CATIE.

Al CATIE y su personal docente, administrativo y secretarial por su apoyo.

A la Comisión de Acción Social Menonita (CASM) por su apoyo logístico y financiero para la realización de talleres comunitarios, especialmente a José Machorro.

Al personal técnico del proyecto Aguas Para el Pueblo, especialmente a mi amigo Elmer Lozano.

Al personal del programa FOCUENCAS II Copán y de la MANCORSARIC.

Al personal de la municipalidad de Cabañas en especial al señor alcalde Juan Manuel Barrillas y al personal de la UMA Iris Alvarado y Soraida Mejía.

A los representantes de las organizaciones locales de las diferentes comunidades que conforman el Municipio de Cabañas y a los pobladores, hombres y mujeres, que decidieron participar y colaborar en la fase de campo y talleres desarrollados para este estudio.

A mis amigos y amigas de la promoción 2004-2005 y en especial a mis compañeros cuencólogos por compartir los buenos y malos momentos de nuestra estadía en CATIE

## **BIOGRAFÍA**

El autor nació el 01 de agosto de 1974 en El Paraíso, El Paraíso, Honduras. Desarrollando sus estudios primarios en la escuela Francisco Morazán y sus estudios secundarios en el Instituto Polivalente Alejandro Flores obteniendo en 1991 el título de Bachiller en Ciencias y Letras.

En 1992 ingresa a la Escuela Nacional de Ciencias Forestales donde obtiene el título de Dasónomo en 1994.

De 1995 a 1999 se desempeñó como técnico forestal en la Administración Forestal del Estado Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (AFE-COHDEFOR).

En enero del 2000 ingresa a la Escuela Nacional de Ciencias Forestales donde obtiene el título de Ingeniero Forestal en diciembre del 2000.

Del 2001 a diciembre del 2003 se desempeñó como coordinador de la unidad de gestión forestal de La Esperanza, Intibucá, Honduras.

En enero del 2004 ingresa al Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del CATIE, con el apoyo financiero del Programa FOCUENCAS ASDI, donde obtiene el grado de *Magister Scientiae* en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

# CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN.....	XI
SUMMARY.....	XII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
Lista de anexos.....	XVIII
Lista de anexos.....	XVIII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XIX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Importancia de la investigación.....	2
1.2 Objetivos del estudio.....	4
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Desastres naturales.....	5
2.2 Etapas del desastre.....	5
2.3 El manejo de cuencas y los desastres.....	6
2.4 El riesgo.....	7
2.5 Amenaza.....	7
2.6 Vulnerabilidad.....	7
2.6.1 <i>Vulnerabilidad global</i> .....	8
2.6.1.1 Vulnerabilidad natural.....	8
2.6.1.2 Vulnerabilidad física.....	8
2.6.1.3 Vulnerabilidad social.....	8
2.6.1.4 Vulnerabilidad política.....	8
2.6.1.5 Vulnerabilidad técnica.....	8
2.6.1.6 Vulnerabilidad educativa.....	8

2.6.1.7	Vulnerabilidad ecológica .....	9
2.6.1.8	Vulnerabilidad económica .....	9
2.6.1.9	Vulnerabilidad institucional.....	9
2.6.1.10	Vulnerabilidad ideológica.....	9
2.7	Gestión del riesgo .....	10
2.8	Actividades para un enfoque integral de la gestión de riesgo.....	10
2.9	Medidas para reducir el riesgo.....	11
2.9.1	<i>Medidas activas de mitigación</i> .....	11
2.9.2	<i>Medidas pasivas de mitigación</i> .....	11
2.10	Mitigación con base comunitaria.....	12
2.11	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	12
2.12	Definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	13
2.13	Evaluación del riesgo por medio de tecnología SIG.....	13
2.14	Mapeo participativo del riesgo .....	13
3.	METODOLOGÍA.....	15
3.1	Descripción del área de estudio. ....	15
3.1.1	<i>El clima</i> .....	16
3.1.2	<i>Precipitación</i> .....	16
3.1.3	<i>Topografía y relieve</i> .....	17
3.1.4	<i>Geología y suelos</i> .....	18
3.1.5	<i>Uso actual del suelo</i> .....	19
3.1.6	<i>Características socioeconómicas</i> .....	20
3.1.7	<i>Características de los recursos naturales</i> .....	21
3.2	Metodología aplicada.....	22
3.2.1	<i>Organización del trabajo</i> .....	22
3.2.2	<i>Recolección de información primaria</i> .....	23
3.2.3	<i>Análisis de los resultados</i> .....	24
3.3	Metodología para evaluar la vulnerabilidad global (Objetivo 1).....	25
3.3.1	<i>Indicadores de vulnerabilidad</i> .....	25
3.3.2	<i>Valoración, estandarización de los indicadores seleccionados</i> .....	27
3.3.3	<i>Ponderación y estimación de la vulnerabilidad global</i> .....	37

3.3.4	<i>Espacialización de la vulnerabilidad</i> .....	38
3.4	Metodología para determinar las amenazas (Objetivo 2) .....	39
3.4.1	<i>Amenaza por inundaciones</i> .....	39
3.4.1.1	Aspectos generales.....	39
3.4.1.2	Modelación hidrológica (Caudales máximos HEC-HMS) .....	40
3.4.1.3	Modelo de la cuenca .....	41
3.4.1.4	Modelo meteorológico .....	43
3.4.1.5	Información meteorológica.....	43
3.4.1.5.1	Análisis estadístico.....	44
3.4.1.5.2	Tormenta de diseño .....	45
3.4.1.6	Especificaciones de control.....	46
3.4.1.7	Modelación hidráulica.....	47
3.4.1.7.1	Trabajo previo en ArcView.....	47
3.4.1.7.2	Menús de Hec-GeoRas.....	48
3.4.1.7.3	Creación de los RAS THEMES .....	49
3.4.1.7.4	Trabajo con HEC-RAS .....	51
3.4.1.7.5	Datos geométricos.....	51
3.4.1.7.6	Sistema esquemático del río.....	51
3.4.1.7.7	Secciones transversales .....	53
3.4.1.7.8	Datos geométricos de las secciones transversales.....	54
3.4.1.7.9	Definición del índice de rugosidad (“n” Manning).....	54
3.4.1.7.10	Introducción de los caudales máximos .....	56
3.4.1.7.11	Introducción de la pendiente .....	56
3.4.1.7.12	Trabajo final en HEC-RAS .....	57
3.4.1.7.13	Trabajo final en ArcView .....	57
3.4.2	<i>Amenazas por deslizamientos</i> .....	58
3.5	Metodología para el mapeo participativo (Objetivo 3).....	60
3.6	Metodología para la gestión del riesgo (Objetivo 4) .....	62
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	63
4.1	Evaluación de la vulnerabilidad global.....	63
4.2	Vulnerabilidad a deslizamientos .....	65
4.2.1	<i>Vulnerabilidad física</i> .....	65



4.2.2	<i>Vulnerabilidad social</i> .....	71
4.2.3	<i>Vulnerabilidad ecológica</i> .....	75
4.2.4	<i>Vulnerabilidad económica</i> .....	77
4.2.5	<i>Vulnerabilidad política</i> .....	78
4.2.6	<i>Vulnerabilidad técnica</i> .....	80
4.2.7	<i>Vulnerabilidad ideológica</i> .....	81
4.2.8	<i>Vulnerabilidad cultural</i> .....	82
4.2.9	<i>Vulnerabilidad educativa</i> .....	84
4.2.10	<i>Vulnerabilidad institucional</i> .....	85
4.2.11	<i>Vulnerabilidad global</i> .....	86
4.2.12	<i>Análisis de resultados de la vulnerabilidad global</i> .....	87
4.3	Vulnerabilidad a inundaciones.....	92
4.4	Evaluación de las amenazas.....	94
4.4.1	<i>Evaluación de la amenaza a inundaciones</i> .....	95
4.4.1.1	Cálculo de los caudales pico para cada microcuenca.....	95
4.4.1.2	Análisis de resultados de caudales picos.....	99
4.4.1.3	Determinación de las planicies de inundación (HEC-RAS).....	101
4.4.1.4	Análisis de resultados de planicies de inundación.....	101
4.4.2	<i>Evaluación de la amenaza a deslizamientos</i> .....	103
4.4.2.1	Elaboración del mapa de pendientes.....	103
4.4.2.2	Mapa de precipitación.....	104
4.4.2.3	Uso actual del suelo.....	106
4.4.2.4	Intensidad de uso del suelo.....	107
4.4.2.5	Determinación de las áreas críticas a deslizamientos.....	109
4.5	Evaluación del mapeo comunitario.....	110
4.6	Estrategias para la gestión del riesgo.....	114
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	119
5.1	Conclusiones.....	119
5.2	Recomendaciones.....	121
6.	LITERATURA CITADA.....	122



## RESUMEN

Salgado Montoya, R.A. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la Microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras. Tesis MSc. Turrialba, CR, CATIE. 172 p.

**Palabras clave:** inundaciones, deslizamientos, manejo de cuencas, amenaza, vulnerabilidad, estrategias, modelación hidrológica, modelación hidráulica, Honduras, Copán, mapeo comunitario, SIG.

La presente investigación se realizó en la Microcuenca del Río Gila, Copán Honduras y desarrollada durante los meses de enero-agosto del 2005. El estudio se organizó en una serie de fases en las que se realizaron varias actividades preparatorias para la recopilación, análisis e interpretación de la información, entre ellas la determinación de la vulnerabilidad global tanto para deslizamientos como para inundaciones, mediante la realización de talleres y dinámica participativa, encuestas, que ayudaron a identificar los indicadores biofísicos y socioeconómicos. Definición de áreas críticas tanto para deslizamientos como para inundaciones (modelación hidrológica e hidráulica utilizando para ello los programas HEC-HMS y HEC-RAS). Identificación participativa de las amenazas a través del mapeo comunitario. Definición del riesgo a inundaciones y deslizamientos en la microcuenca a través de la integración de la vulnerabilidad global a las áreas críticas, utilizando para ello sistemas de información geográfica (SIG) como una herramienta de análisis. Priorización de las zonas con mayor riesgo (inundaciones y deslizamientos) y propuesta de lineamientos y acciones concretas para la prevención de desastres.

Los resultados del análisis muestran que la microcuenca presenta una vulnerabilidad alta para ambas variables analizadas (inundaciones 64,6% y deslizamientos 68,6%). Las vulnerabilidades técnica, institucional y educativa resultaron ser la más alta. De acuerdo al resultado de la modelación hidráulica, las Quebradas que ocasiona más daño ya que presenta una mayor velocidad de agua en el cauce, asociado a un caudal pico superior al resto, y un número de Froude supercrítico ( $>1$ ) son las Quebradas de: Motagua, Los Salitres y Platanares. Los resultados de la determinación de áreas críticas a deslizamientos indican que la microcuenca presenta un 4% con criticidad muy baja, 51% con criticidad baja, 39% con criticidad media y 6% de criticidad alta. El análisis a su vez refleja que de las comunidades evaluadas, la comunidad de Cabañas es la que presenta mayor peligro a deslizamientos por lo que el 15% del área de esta comunidad se encuentra bajo un riesgo alto y el 57% del área se encuentra bajo riesgo medio, la densidad poblacional de esta comunidad es de 145,5 hab/km<sup>2</sup>. Referente al mapeo comunitario de riesgo se observó que existe mucha similitud con lo elaborado con SIG, la diferencia fue que los habitantes marcaron los lugares muy puntuales, donde el efecto era muy visible o actual, en cambio con el uso de SIG, se pueden definir otras zonas que de acuerdo a los parámetros o indicadores y sus pesos no se pueden determinar a simple vista. Finalmente se recomienda la implementación de un Programa de Prevención de Desastres y Gestión del Riesgo, que debe centrarse en el apoyo de iniciativas que propicien los cambios estructurales y culturales necesarios en las siguientes áreas: fortalecimiento institucional en la gestión del riesgo, ordenamiento del territorio y manejo de cuencas.

## SUMMARY

Salgado Montoya, R.A. 2005. Integral analysis of landslide and flood risks in the Río Gila micro-watershed in Copán, Honduras. MSc Thesis. Turrialba, CR, CATIE. 172p.

**Key words:** floods, landslides, watershed management, threat, vulnerability, strategies, hydrology modeling, hydraulic modeling, Honduras, Copán, community mapping, GIS.

The present research was carried out in the Río Gila micro-watershed in Copán, Honduras during the months of January-August 2005. The study was conducted in a series of stages in which various preparatory activities were conducted to gather, analyze and interpret the information; such as: 1) the determination of global vulnerability for landslides as well as for floods through workshops, participative dynamics, and interviews which were carried out to identify the biophysical and socioeconomic indicators; 2) the definition of critical areas not only for landslides, but also for floods (hydrology and hydraulic modeling by using the HEC-HMS and HEC-RAS programs); 3) participative identification of the threats through community mapping; 4) definition of landslide and flood risk in the micro-watershed through the integration of the global vulnerability in critical areas using geographic information systems (GIS) as an analysis tool; 5) prioritization of the zones of highest risk (floods and landslides) and a proposal of concrete guidelines and actions for disaster prevention.

Results of the analysis show that the micro-watershed was highly vulnerable for both variables analyzed (floods 64,6% and landslides 68,6%). The technical, institutional and educational vulnerabilities were the highest. According to the hydraulic model results, creeks which cause the greatest damage because of the high water velocity in the river bed, associated with a caudal peak greater than the rest and a supercritical Froude number ( $>1$ ) are the following creeks: Motagua, Los Salitres and Platanares. The results from the determination of critical landslide areas indicate that the micro-watershed has areas classified as: 4% very low, 51% low, 39% medium, and 6% highly critical. At the same time this analysis shows that of the communities evaluated, the Cabañas community is the one which has the highest landslide risk; 15% of the area of this community is classified as high risk and 57% of the area as medium risk. The population density of this community is 145,5 inhab/km<sup>2</sup>. In reference to the community risk map, it was observed that there is much similarity with the one made with GIS. The difference was that the inhabitants marked the places very precisely where the effect was very visible or recent; on the other hand, with the use of GIS, other zones which can not be determined at first sight are identified according to the parameters or indicators and their weights. Finally, it is recommended to implement a disaster prevention and risk management program which should be centered on supporting initiatives which promotes structural and cultural changes necessary in the following areas: institutional strengthening in risk management, land use planning and watershed management.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables e indicadores de vulnerabilidad a deslizamientos.....	26
Cuadro 2. Variables e indicadores de vulnerabilidad a inundaciones .....	27
Cuadro 3. Caracterización y valoración de los indicadores de vulnerabilidad.....	28
Cuadro 4. Valoración del indicador número de casas en laderas .....	28
Cuadro 5. Valoración del indicador % de viviendas construidas con materiales resistentes ....	28
Cuadro 6. Valoración del indicador número de infraestructuras destinadas a emergencias .....	29
Cuadro 7. Ponderación de la variable accesibilidad a la comunidad.....	29
Cuadro 8. Ponderación de la variable organización comunal.....	29
Cuadro 9. Ponderación de la variable instituciones presentes en la zona.....	29
Cuadro 10. Ponderación de la variable acceso a medios de comunicación.....	29
Cuadro 11. Ponderación de la variable población .....	30
Cuadro 12. Ponderación de la variable ubicación del servicio de salud.....	30
Cuadro 13. Ponderación de la variable tipo de servicio de salud .....	30
Cuadro 14. Ponderación de la variable deforestación .....	30
Cuadro 15. Ponderación de la variable agricultura migratoria.....	30
Cuadro 16. Ponderación de la variable desarrollo económico .....	31
Cuadro 17. Ponderación de la variable dependencia económica.....	31
Cuadro 18. Ponderación de la variable desempleo .....	31
Cuadro 19. Ponderación de la variable acceso a servicios públicos.....	31
Cuadro 20. Ponderación de la variable apoyo municipal u otro ente estatal en proyectos comunitarios .....	31
Cuadro 21. Ponderación de la variable participación comunitaria en las decisiones locales....	32
Cuadro 22. Ponderación de la variable liderazgo en la comunidad.....	32
Cuadro 23. Ponderación de la variable equipos y obras para prevenir o mitigar el riesgo .....	32
Cuadro 24. Ponderación de la variable tecnología de construcción en zonas de riesgo.....	32
Cuadro 25. Ponderación de la variable reacción comunal en la fase predesastre.....	33
Cuadro 26. Ponderación de la variable reacción de la comunidad en la fase impacto y rehabilitación .....	33

Cuadro 27. Ponderación de la variable percepción fatalista.....	33
Cuadro 28. Ponderación de la variable participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de desastres.....	33
Cuadro 29. Ponderación de la variable programas radiales y televisados sobre prevención y mitigación de desastres.....	34
Cuadro 30. Ponderación de la variable integración ínter comunal para prevención y/o mitigación de desastres.....	34
Cuadro 31. Ponderación de la variable analfabetismo.....	34
Cuadro 32. Ponderación de la variable grado de escolaridad.....	34
Cuadro 33. Ponderación de la variable orientación a la prevención y mitigación de desastres naturales.....	35
Cuadro 34. Ponderación de la variable instituciones relacionadas con la prevención y mitigación de riesgos.....	35
Cuadro 35. Ponderación de la variable planes de mitigación.....	35
Cuadro 36. Ponderación de la variable capacitación de personal técnico.....	35
Cuadro 37. Ponderación de la variable conducción de agua potable y su funcionalidad.....	36
Cuadro 38. Ponderación de la variable asentamientos humanos en ribera de ríos.....	36
Cuadro 39. Ponderación de la variable estado de puentes.....	36
Cuadro 40. Ponderación de la variable diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos.....	36
Cuadro 41. Ponderación de la variable mantenimiento de obras hidráulicas.....	36
Cuadro 42. Caracterización de la vulnerabilidad de acuerdo a su valoración porcentual.....	37
Cuadro 43. Lluvia máxima del período de 1973-2004, Estación La Entrada, Copán.....	43
Cuadro 44. Ponderación del factor tipo de cobertura.....	58
Cuadro 45. Ponderación del factor uso de suelo.....	58
Cuadro 46. Ponderación del factor pendiente.....	58
Cuadro 47. Ponderación del factor precipitación.....	59
Cuadro 48. Estandarización de los indicadores.....	59
Cuadro 49. Información general de las comunidades evaluadas de la Microcuenca del Río Gila.....	64
Cuadro 50. Resumen de la vulnerabilidad física a deslizamientos Microcuenca del Río Gila.....	70
Cuadro 51. Resumen de la vulnerabilidad Social Microcuenca del Río Gila.....	73

Cuadro 52. Resumen de la vulnerabilidad ecológica Microcuenca del Río Gila .....	75
Cuadro 53. Resumen de la vulnerabilidad económica Microcuenca del Río Gila. ....	78
Cuadro 54. Resumen de la vulnerabilidad política en la Microcuenca del Río Gila.....	79
Cuadro 55. Resumen de la vulnerabilidad cultural en la Microcuenca del Río Gila.....	83
Cuadro 56. Resumen de la vulnerabilidad educativa en la Microcuenca del Río Gila .....	85
Cuadro 57. Resumen de la vulnerabilidad institucional en la Microcuenca del Río Gila. ....	86
Cuadro 58. Resultados generales, vulnerabilidad global a deslizamientos Microcuenca del Río Gila.....	87
Cuadro 59. Resumen tipo de vulnerabilidad en las diferentes comunidades de la Microcuenca del Río Gila.....	91
Cuadro 60. Resumen de la vulnerabilidad global a inundaciones por comunidades de la Microcuenca del Río Gila.....	92
Cuadro 61. Resumen de la vulnerabilidad global a inundaciones en la Microcuenca del Río Gila. ....	93
Cuadro 62. Cálculo del número de curva (CN) Microcuenca del Río Gila.....	96
Cuadro 63. Condición Hidrológica de las microcuencas del Río Gila. ....	96
Cuadro 64. Precipitación máxima según distribución Log Pearson tipo III.....	97
Cuadro 65. Cálculo del tiempo de concentración.....	97
Cuadro 66. Resumen de los datos requeridos por HEC-HMS para el cálculo de caudales máximos.....	98
Cuadro 67. Resumen de caudales pico de cada Microcuenca por período de retorno .....	98
Cuadro 68. Características hidráulicas período de retorno de 50 años.....	102
Cuadro 69. Rangos de pendiente y porcentaje del área para cada rango.....	104
Cuadro 70. Precipitación anual cada 5 km. para la Microcuenca del Río Gila. ....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación Microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras.....	15
Figura 2. Mapa de precipitación Microcuenca del Río Gila.....	16
Figura 3. Mapa de pendientes Microcuenca del Río Gila. ....	17
Figura 4. Mapa de suelos Microcuenca del Río Gila.....	19
Figura 5. Mapa de cobertura Microcuenca del Río Gila. ....	20
Figura 6. Mapa de microcuencas, Río Gila .....	22
Figura 7. Esquema de la espacialización de la vulnerabilidad global .....	38
Figura 8. Modelo de la Microcuenca Río Gila. ....	42
Figura 9. Parámetros del modelo de la Microcuenca del Río Gila.....	42
Figura 10. HidroEsta, Distribución Log-Pearson tipo III. ....	44
Figura 11. Modelo meteorológico para la Microcuenca del Río Gila.....	45
Figura 12. Representación gráfica del hietograma tormenta Mitch, Microcuenca del Río Gila.....	46
Figura 13. Tiempo de control o simulación.....	46
Figura 14. TIN de la Microcuenca del Río Gila. ....	48
Figura 15. Menús de la extensión Hec-GeoRas.....	49
Figura 16. Identificación gráfica de los RAS-THEMES.....	50
Figura 17. Geometría del Río Gila con secciones transversales.....	52
Figura 18. Secciones transversales del Río Gila en la comunidad de Cabañas.....	52
Figura 19. Perfil de una sección transversal.....	53
Figura 20. Datos geométricos de la sección transversal.....	54
Figura 21. Fotografías de la presentación de coeficiente “n” Manning .....	55
Figura 22. Fotografía del cauce del Río Gila.....	55
Figura 23. Introducción de los caudales máximos.....	56
Figura 24. Introducción de la pendiente .....	57
Figura 25. Sobreposición ponderada de los factores críticos a deslizamientos.....	60
Figura 26. Mapa de comunidades para la evaluación de la vulnerabilidad global.....	65
Figura 27. Representación gráfica del indicador casas en ladera, en la Microcuenca del Río Gila .....	66



Figura 28. Representación gráfica de indicador asentamientos humanos en ribera de ríos. ....	67
Figura 29. Viviendas según el tipo de construcción .....	67
Figura 30. Viviendas construidas de bahareque por comunidad en la Microcuenca del Río Gila. ....	68
Figura 31. Viviendas construidas de adobe por comunidad en la Microcuenca del Río Gila. ...	69
Figura 32. Mapa de la vulnerabilidad física Microcuenca del Río Gila. ....	71
Figura 33. Índice de población Microcuenca del Río Gila. ....	73
Figura 34. Mapa de la espacialización de la vulnerabilidad social Microcuenca del Río Gila .	74
Figura 35. Mapa de la espacialización de la vulnerabilidad ecológica de la Microcuenca del Río Gila. ....	76
Figura 36. Gaviones en mal estado comunidad de Río Negro. ....	80
Figura 37. Puente de la comunidad de Cabañas que conecta las demás comunidades. ....	81
Figura 38. Disipador de energía ubicado a inmediaciones de la confluencia del Río Gila con el Río Copán. ....	81
Figura 39. Mapa de la espacialización de la vulnerabilidad ideológica de la Microcuenca del Río Gila. ....	82
Figura 40. Tipo de vulnerabilidad y % de calificación. ....	87
Figura 41. Tipo de vulnerabilidad a inundaciones y % de calificación en la Microcuenca del Río Gila. ....	94
Figura 42. Caudales pico $m^3/s$ para la Microcuenca del Río Gila para diferentes períodos de retorno. ....	99
Figura 43. Caudales pico en $m^3/s$ para un período de retorno de 50 años, de las microcuencas del Río Gila. ....	100
Figura 44. Mapa de inundación para diferentes períodos de retorno Microcuenca del Río Gila. ....	101
Figura 45. Valores de pendiente Microcuenca del Río Gila. ....	104
Figura 46. Mapa de precipitación (Interpolación Spline). ....	106
Figura 47. Uso actual Microcuenca del Río Gila. ....	107
Figura 48. Intensidad del uso del suelo Microcuenca del Río Gila. ....	108
Figura 49. Nivel de criticidad con base al porcentaje de área, ....	109
Figura 50. Mapa de áreas críticas de la Microcuenca del Río Gila. ....	110
Figura 51. Mapa comunitario Las Juntas comparado con mapas ArcView .....	112

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Datos del hietograma de la tormenta Mitch para la Microcuenca del Río Gila.....	127
Anexo 2. Número de curva N para complejos hidrológicos de suelos y cobertura.....	128
Anexo 3. Coeficiente “n” Manning .....	129
Anexo 4. Clasificación hidrológica de suelos.....	130
Anexo 5. Condición hidrológica.....	130
Anexo 6. Formulas empleadas por el programa HidroEsta para el cálculo de la precipitación máxima. ....	130
Anexo 7. Tabla ponderación y valoración del indicador casas en ladera, Microcuenca del Río Gila.....	131
Anexo 8. Tabla ponderación y valoración del indicador casas en ribera de ríos, Microcuenca del Río Gila .....	131
Anexo 9. Tabla ponderación y valoración del indicador viviendas construidas con materiales resistentes, en la Microcuenca del Río Gila.....	132
Anexo 10. Tabla de ponderación y valoración del indicador accesibilidad a las comunidades de la Microcuenca del Río Gila. ....	132
Anexo 11. Cálculo del Índice de población, Microcuenca del Río Gila. ....	133
Anexo 12. Resumen de la evaluación de la vulnerabilidad técnica en la Microcuenca del Río Gila.....	133
Anexo 13. Resumen de la evaluación de la vulnerabilidad ideológica en la Microcuenca del río Gila.....	134
Anexo 14. Tabla de resultados por serie de tiempo para el Río Gila, período de retorno de 50 años.....	134
Anexo 15. Tabla resumen de caudales máximos para el Río Gila, período de retorno de 50 años.....	135
Anexo 16. Histograma de la Microcuenca del Río Gila para un caudal máximo para un período de retorno de 50 años. ....	135
Anexo 17. Sección transversal típica Quebrada Tierra Fría.....	136
Anexo 18. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Tierra Fría. ....	136
Anexo 19. Sección transversal típica Quebrada Los Salitres.....	136
Anexo 20. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Los Salitres. ....	137
Anexo 21. Sección transversal típica Quebrada San Francisco .....	137
Anexo 22. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada San Francisco.....	137
Anexo 23. Sección transversal típica Quebrada Los Ingenios .....	138
Anexo 24. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Los Ingenios.....	138
Anexo 25. Sección transversal típica Quebrada El Cerro o Río Negro .....	138
Anexo 26. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada El Cerro o Río Negro .....	139
Anexo 27. Sección transversal típica Quebrada Motagua.....	139
Anexo 28. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Motagua. ....	139
Anexo 29. Sección transversal típica Quebrada El Prado.....	140
Anexo 30. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada El Prado. ....	140
Anexo 31. Sección transversal típica Quebrada Platanares. ....	140
Anexo 32. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Platanares. ....	141
Anexo 33. Mapeo comunitario de riesgo comunidades Cabañas, Copán Honduras. ....	141
Anexo 34 Formato de recolección de información censal, Microcuenca del Río Gila. ....	146
Anexo 35 Variables e indicadores de vulnerabilidad a deslizamientos y su respectiva fuente de información..	150

## LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

- AFE-COHDEFOR: Administración Forestal del Estado-Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal
- AMHON: Asociación de Municipalidades de Honduras
- APP: Aguas Para el Pueblo
- CASM: Comisión de Acción Social Menonita
- CEPAL: Comisión Económica de América Latina y el Caribe
- CHF: Comunidad Hábitat y Financiamiento
- CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical
- CN: Numero de Curva
- CODEL: Comité de Emergencia Local
- CODEM: Comité de Emergencia Municipal
- COPECO: Comité Permanente de Contingencia
- ESRI: Instituto de Investigación Medioambiental
- FEMICA: Federación de Municipios del Istmo Centroamericano
- FOCUENCAS II: Programa Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Co-Gestión Adaptativa de Cuencas
- Hab/km<sup>2</sup>: Habitantes por kilómetros cuadrados
- HEC-HMS: Centro de Ingeniería Hidrológica-Sistema de Modelación Hidrológico (*Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System*)
- HEC-RAS: Centro de Ingeniería hidrológica- Sistema de Análisis de Ríos (*Hydrologic Engineering Center - River Analysis System*)
- IGN: Instituto Geográfico Nacional
- INE: Instituto Nacional de Censos y Estadística
- Km<sup>2</sup>: Kilómetros cuadrados
- m/s: metros por segundo
- m<sup>3</sup>/s: metros cúbicos por segundo
- MANCORSARIC: Mancomunidad de Municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo

MED: Modelo de Elevación Digital

ONG: Organismo No Gubernamental

SCS: Servicio de Conservación de Suelos (*Soil Conservation Service*)

SERNA: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente

SIG: Sistema de Información Geográfica

SOPTRAVI: Secretaría de Obras Públicas Transporte y Vivienda

Tc: Tiempo de concentración

TIN: *Triangulated Irregular Network*

UMA: Unidad Municipal Ambiental

# 1. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos naturales han estado presentes en toda la historia de la evolución de nuestro planeta y hoy en día causan muchos daños en cuanto a pérdidas de vidas humanas, económicas y alteraciones en el ambiente. En Centroamérica fenómenos como el Huracán Mitch, provocaron la destrucción de importantes centros poblados, carreteras, tierras de cultivo, viviendas rurales; dejando la evidencia de una vulnerabilidad natural del ambiente y todos sus componentes (CEPAL, 2000).

Los destrozos causados por el Huracán Mitch afectaron seriamente la economía de Honduras dejando a muchas personas sin empleo, vivienda y alimentación. Las inundaciones y los deslizamientos de tierra, producto de la mala gestión de la tierra, prácticas agrícolas inadecuadas, el pastoreo excesivo y la deforestación fueron las causas fundamentales de la devastación, dejando claramente establecida la vulnerabilidad de nuestras cuencas a este tipo de fenómenos naturales (USAID, 1999).

El Huracán Mitch demostró el nexo entre la pobreza, degradación ambiental y la vulnerabilidad. Por lo tanto estudios y análisis sobre la vulnerabilidad frente a este tipo de fenómenos deben estar disponibles para mejorar el proceso de toma de decisiones y la planificación en general.

El estudio desarrollado da a conocer las principales amenazas (naturales y antrópicas) que afectan la Microcuenca del Río Gila en Copán, Honduras, así como a definir las áreas críticas o de mayor riesgo a la ocurrencia de un evento de desastre. Para tal fin se empleó el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la elaboración de los mapas tanto de vulnerabilidad como amenazas y de esta manera tener una idea que oriente la gestión de riesgo en la zona.

## **1.1 Importancia de la investigación**

La gestión integrada de cuencas esta basada en los enfoques ecosistémicos y socioambientales; para desarrollar procesos de largo plazo en busca de la sostenibilidad y sustentabilidad de los recursos naturales. En estos enfoques, la cuenca hidrográfica es la unidad básica de planificación, manejo y gestión. En Centroamérica y los países de montaña, el enfoque del manejo y gestión de cuencas hidrográficas está estrechamente relacionado a la reducción de la vulnerabilidad y riesgo a desastres naturales. Esta zona por sus características geográficas, geológicas, geomorfológicas, climáticas y socioeconómicas es altamente vulnerable a los desastres. De esta manera el manejo de cuencas debe tener como un enfoque fundamental la reducción de esta vulnerabilidad, principalmente la asociada a fenómenos hidroclimáticos (inundaciones, deslizamientos, avalanchas, sequías, etc.) (Jiménez, 2004).

Tomando en cuenta lo anterior, la investigación se realizó dentro del área de la Subcuenca del Río Copán en Honduras, área que fue seriamente dañada por el paso del Huracán Mitch y donde también se encuentra ubicado el patrimonio arqueológico de Copán Ruinas. En general la zona es susceptible a los desastres naturales. Como consecuencia de ésta problemática, la subcuenca, su población y el medio ambiente, se encuentran enfrentando una situación que día con día pone en peligro las vidas humanas, amenaza con la destrucción de la infraestructura actual, los recursos naturales y los cultivos; creando amenazas y peligros que urgen el ordenamiento y desarrollo integral de la subcuenca.

Como respuesta a esta necesidad los municipios dentro de la subcuenca han iniciado el desarrollo de planes estratégicos municipales y luego un plan estratégico a nivel de la Mancomunidad (MANCORSARIC), que promueve a un desarrollo más ordenado en la zona.

El municipio de Cabañas tiene su zona urbana localizada en áreas amenazadas por inundaciones y deslizamientos. Así mismo, la sedimentación del cauce del Río Gila incrementa el riesgo al mismo fenómeno. La evidencia de la fuerte erosión y arrastre de partículas, se muestra en la sedimentación observada en los dos vertederos construidos en las Microcuencas de los Ríos Gila y Copán. También los deslizamientos, hundimientos y derrumbes, en épocas lluviosas alteran el desplazamiento por carreteras y caminos (FOCUENCAS, 2004).

Por las razones mencionadas anteriormente, la investigación se desarrolló en la Microcuenca del Río Gila, para lo cual se integraron los principales factores biofísicos, socioeconómicos e institucionales asociados a la vulnerabilidad a desastres, utilizando para su análisis un Sistema de Información Geográfica (SIG), que permita visualizar a través de mapas las principales áreas críticas y los factores prioritarios asociados al daño, y de esta manera, poder emprender acciones de planificación orientadas a reducir la vulnerabilidad de la microcuenca, principalmente al riesgo de inundaciones y deslizamientos, que podrían afectar la seguridad de las comunidades, el parque arqueológico de Copán Ruinas, las vías de comunicación terrestre y zonas aledañas, dentro del área de estudio.

## **1.2 Objetivos del estudio**

### ***1.2.1 Objetivo general***

Determinar el riesgo a inundaciones y deslizamientos, como base para un proceso de planificación y gestión del riesgo en la Microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Determinar la vulnerabilidad global por medio de indicadores que favorecen el desarrollo de la amenaza a inundaciones y deslizamientos.
- Determinar por medio de Sistema de Información Geográfica (SIG) las principales amenazas en la zona (inundaciones y deslizamientos).
- Elaborar y utilizar el mapeo participativo a nivel de la comunidad como herramienta para la gestión del riesgo.
- Fortalecer la capacidad de gestión de las instituciones y organizaciones locales de desarrollo, dotándoles de estrategias participativas para la reducción de la vulnerabilidad ante posibles impactos de desastres (deslizamientos e inundaciones).



## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Desastres naturales**

Los desastres son situaciones o procesos sociales que se desencadenan como resultado de la ocurrencia de un fenómeno de origen natural, de fallas tecnológicas en sistemas industriales o bélicos o provocados por el hombre que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una comunidad, causa pérdidas humanas y materiales, efectos sobre la estructura socioeconómica de una región o un país y daños severos al medio ambiente; lo anterior determina la necesidad de asistencia inmediata de las autoridades y de la población para atender los afectados y restablecer la normalidad (Jiménez, 2004).

Los desastres se pueden subdividir en dos amplias categorías: aquellos causados por fuerzas o fenómenos naturales y los causados o generados por los humanos, aunque en algunos casos (por ejemplo la desertización) puede haber causas combinadas. Los primeros surgen de las fuerzas de la naturaleza y pueden ser de impacto súbito, tales como terremotos y erupciones volcánicas, o de inicio lento, como las sequías. Los desastres o situaciones de emergencia causadas por el hombre son aquéllos en los cuales las principales causas directas son acciones humanas identificables, deliberadas o no, y a veces como consecuencia de una falla de carácter técnico en sistemas industriales o bélicos (FEMICA, 2005).

Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas que no pueden ser neutralizadas debido a que difícilmente su mecanismo de origen puede ser intervenido, aunque en algunos casos puede controlarse parcialmente. Terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis (maremotos) y huracanes son ejemplos de amenazas que aún no pueden ser intervenidas en la práctica, mientras que inundaciones, sequías y deslizamientos pueden llegar a controlarse o atenuarse con obras civiles y de canalización y estabilización de suelos (FEMICA, 2005).

### **2.2 Etapas del desastre**

Ninguna de las etapas es más importante que otra, porque cada una tiene su objeto y su significado. De hecho, la mitigación, la preparación, la respuesta y la recuperación constituyen un círculo que se repite, tomando la experiencia de los sucesos y corrigiendo errores para el futuro. (Jiménez, 2004).

Las etapas a menudo se traslapan o pueden ocurrir simultáneamente, pero son útiles como patrones conceptuales, siendo estas las siguientes:

- Mitigación: Conjunto de acciones cuyo objeto es impedir o evitar que sucesos naturales o generados por la actividad humana causen desastre. Esta reducción se hace cuando no es posible eliminarlos.
- Preparación: Medidas y acciones que reducen al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños, organizando oportunamente y eficazmente las acciones de respuesta.
- Respuesta: Conduce operaciones de emergencia para salvar las vidas y propiedades, atendiendo oportunamente a la población.
- Recuperación: La recuperación es el esfuerzo de restaurar la infraestructura, la vida social y económica de una comunidad a la normalidad, reconstruye las comunidades. A corto, mediano y largo plazo.

### **2.3 El manejo de cuencas y los desastres<sup>1</sup>**

Las cuencas hidrográficas por ser las unidades físicas en las cuales tienen lugar todos los procesos naturales, son así mismo la unidad natural y lógica para el desarrollo agrícola, ambiental y socioeconómico. Con el crecimiento demográfico y el aumento de las necesidades de urbanización, industrialización y producción de alimentos, los efectos de la actividad antropogénica ya no se limitan a zonas pequeñas ni a una comunidad en particular; deben examinarse en el contexto más amplio en el que ocurren.

Los recursos físicos y biológicos de las cuencas hidrográficas proporcionan bienes y servicios a las poblaciones humanas, incluida la protección de las fuentes hídricas, mitigación de los desastres naturales mediante la regulación de la escorrentía, la protección de los recursos costeros y la pesca, la protección de las zonas edificadas (vivienda, transporte y demás infraestructura económica y social) y la protección de la agricultura en tierras bajas de alta productividad. La cantidad y calidad de estos servicios se ven afectadas por los desastres naturales, tales como inundaciones, huracanes, terremotos, sequías y erupciones volcánicas.

---

<sup>1</sup> [www.ing-agronomos.or.cr/documents/LaCuenciaHidrografica.doc](http://www.ing-agronomos.or.cr/documents/LaCuenciaHidrografica.doc). Zúñiga, I. La cuenca hidrográfica: Hacia un concepto integral.

## **2.4 El riesgo**

Es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El riesgo puede ser de origen natural, geológico, hidrológico o atmosférico o, también, de origen tecnológico o provocado por el hombre. Para que exista un riesgo, debe haber tanto una amenaza, como una población vulnerable a sus impactos (Lavell, 1996).

El riesgo también se puede ver como el número esperado de pérdidas humanas, heridos, daños a la propiedad, al ambiente, interrupción de las actividades económicas, impacto social debidos a la ocurrencia de un fenómeno natural o provocado por el hombre, es decir el producto de la amenaza por la vulnerabilidad, por lo que el modelo conceptual del riesgo se puede expresar de la siguiente forma:  $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$  (Wilches-Chaux, 1989).

## **2.5 Amenaza**

La amenaza o peligro, o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el ambiente. Matemáticamente se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un sitio específico y en un determinado período de tiempo (Wilches-Chaux, 1989).

## **2.6 Vulnerabilidad**

Debido a la creciente importancia de los desastres, ha adquirido relevancia y actualidad el término vulnerabilidad. Desde el punto de vista general, puede definirse como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad (CEPAL, 2000).

## **2.6.1 Vulnerabilidad global**

La vulnerabilidad global está interpretada por diferentes vulnerabilidades (Wilches-Chaux, 1989).

### **2.6.1.1 Vulnerabilidad natural**

Es la vulnerabilidad intrínseca a la que está expuesto todo ser vivo, determinada por los límites ambientales dentro de los cuales es posible la vida y por las exigencias internas de su propio organismo.

### **2.6.1.2 Vulnerabilidad física**

Está referido directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dichos riesgos.

### **2.6.1.3 Vulnerabilidad social**

Se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. Cuanto mejor y mayor se desarrollen las interrelaciones dentro de una comunidad, es decir sus miembros entre sí y a su vez con el conjunto social, menor será la vulnerabilidad presente en la misma. La diversificación y fortalecimiento de organizaciones de manera cuantitativa y cualitativa encargadas de representar los intereses del colectivo, pueden considerarse como un buen indicador de vulnerabilidad social, así como mitigadores de la misma.

### **2.6.1.4 Vulnerabilidad política**

Constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que le afectan, es decir mientras mayor sea la autonomía, mayor será la vulnerabilidad política de la comunidad.

### **2.6.1.5 Vulnerabilidad técnica**

Viene dada por la presencia y/o ausencia de infraestructuras o diseños de edificaciones resistentes o adaptables a la diversidad de eventos o amenazas a la cual está una comunidad expuesta.

### **2.6.1.6 Vulnerabilidad educativa**

Está representada principalmente con la preparación académica en distintos niveles, que permite a los ciudadanos aplicar tales conocimientos en su vida cotidiana como herramienta válida para enfrentar las situaciones de peligro presentes en la zona que habitan.

### **2.6.1.7 Vulnerabilidad ecológica**

La definen las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona, esto es, cuanto mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica. Por ser la naturaleza un sistema en constante actividad que desarrolla dentro de sí ciclos, es posible afirmar que así como ingresa energía a ésta, así mismo expulsará la misma cantidad con el fin de mantener el balance interno e incluso externo.

### **2.6.1.8 Vulnerabilidad económica**

Viene dada directamente por los indicadores de desarrollo económico presentes en una población, pudiéndose incluso afirmar que cuanto más deprimido es un sector, mayor es la vulnerabilidad a la que se encuentra ante los desastres, es importante acotar que el inicio de los desastres viene dado directamente por la presencia de un evento natural, pero es la vulnerabilidad humana, la degradación ambiental, el crecimiento demográfico y la falta de preparación y educación ante los mismos, los factores que dominan los procesos de desastres, llegándolos a convertir en catastróficos.

### **2.6.1.9 Vulnerabilidad institucional**

Viene representada por la presencia o ausencia de organizaciones o comités encargados de velar por el adecuado manejo y coordinación de las situaciones de emergencias presentes, como consecuencias de un evento o desastre, esto se traduce en la capacidad de respuesta ante tales situaciones de emergencia.

### **2.6.1.10 Vulnerabilidad ideológica**

La respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre "natural", o ante el desastre mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo que posean sus miembros.

Si en la ideología predominante se imponen concepciones fatalistas, según las cuales los desastres "naturales" corresponden a manifestaciones de la voluntad de Dios, contra las cuales nada podemos hacer los seres humanos, las únicas respuestas posibles serán el dolor, la espera pasiva y la resignación.

## **2.7 Gestión del riesgo**

Se puede definir como el proceso estratégico idóneo para que los actores sociales insertos en la dinámica de un territorio determinado, puedan concertar el contexto y la lógica de los esfuerzos, las capacidades y los recursos que se dispondrán de forma correctiva y prospectiva, para llegar a niveles aceptables de seguridad humana (Leonelli, 2000).

La gestión del riesgo es el arte de unir fuerzas en función de la vida y el Desarrollo Humano Sostenible, actúa sobre las causas y mecanismos que facilitan y estructuran el riesgo de perder la vida y el patrimonio, ver dañados o destruidos los recursos materiales y no materiales de subsistencia, vivir en la incertidumbre de no poder procurarse los elementos mínimos para el desarrollo humano sostenido, generando ansiedad y miedo (PRODESAMH, 2000).

## **2.8 Actividades para un enfoque integral de la gestión de riesgo**

Un análisis detallado de los factores que transforman un fenómeno natural en un desastre humano y económico revela que los problemas fundamentales del desarrollo de la región Centro Americana son los mismos que contribuyen a su vulnerabilidad hacia los efectos catastróficos de las amenazas naturales. Las causas principales de la vulnerabilidad de la región son la urbanización rápida y no regulada, la persistencia de la pobreza urbana y rural generalizada, la degradación del medio ambiente causada por el mal manejo de los recursos naturales, la política pública ineficiente y los rezagos y desaciertos de las inversiones en infraestructura. En la región se invierte muy poco en la mitigación de amenazas naturales, puesto que la política en materia de desastres se ha centrado principalmente en la respuesta a situaciones de emergencia (BID, 2004).

Para anticiparse a los desastres en la región y reducir sus efectos, se necesita un enfoque más integral que abarque tanto la reducción de los riesgos antes de los desastres como la recuperación posterior, enmarcado en nuevas políticas y mecanismos institucionales que propicien una acción eficaz. Este enfoque abarca los siguientes tipos de actividades (BID, 2004):

- Análisis de los riesgos para determinar su clase y gravedad para la población y las inversiones en desarrollo.

- Medidas de prevención y mitigación para abordar las causas estructurales de la vulnerabilidad.
- Preparativos e intervención en situaciones de emergencia con el propósito de que los países estén mejor preparados para hacer frente de forma rápida y eficaz a las situaciones de emergencia.
- Rehabilitación y reconstrucción después de los desastres para facilitar la recuperación eficaz y crear salvaguardias contra desastres futuros.
- Sistemas de alerta temprana.

## **2.9 Medidas para reducir el riesgo**

En la mayoría de los riesgos asociados con amenazas naturales, existen limitadas oportunidades para reducir la amenaza. En estos casos, el objetivo de las políticas de mitigación debe ser la reducción de la vulnerabilidad de los elementos y actividades en riesgo. Las medidas de parte de las autoridades a cargo de la planificación o desarrollo para reducir la vulnerabilidad pueden clasificarse de manera amplia en dos tipos: activas y pasivas (Jiménez, 2004).

### ***2.9.1 Medidas activas de mitigación***

Son aquellas por medio de las cuales las autoridades promueven medidas convenientes ofreciendo incentivos, a menudo asociados con programas de desarrollo en áreas de bajos ingresos. Las medidas activas, aunque pueden ser más costosas al inicio, suelen producir mejores resultados en algunas comunidades porque tienden a promover una cultura de seguridad que se perpetua por si misma, algunas de estas medidas son: planificación del control de distribución, capacitación y educación, subsidios para equipos seguros (material de construcción), disseminación de información al público, fomento de la toma de conciencia y creación de organizaciones comunitarias (alerta temprana) (Jiménez, 2004).

### ***2.9.2 Medidas pasivas de mitigación***

Son aquellas por medio de las cuales las autoridades promueven medidas no convenientes usando controles y multas; estas medidas son usualmente más apropiadas para autoridades locales bien establecidas en áreas de mayor ingreso entre ellas están: requisitos

que se amolden a los códigos de diseño, verificación del cumplimiento de los controles en el lugar mismo, control de uso de la tierra, negación de servicios e infraestructura en las áreas donde el desarrollo es indeseable, seguros obligatorios (Wilchez Chau, 1989).

## **2.10 Mitigación con base comunitaria**

Se ha argumentado que los gobiernos y las principales agencias de desarrollo tienden a adoptar un enfoque piramidal en la planificación de la mitigación de desastres. Este enfoque lleva a que los beneficiarios reciban soluciones diseñadas para ellos por los planificadores, en vez de ser ellos mismos los que las seleccionen. Los programas de mitigación con base comunitaria tienen mayor probabilidad de resultar en acciones que son respuesta a las necesidades reales del pueblo y a contribuir con el desarrollo de la comunidad, de su conciencia de las amenazas que se enfrentan y a su capacidad de protegerse a si mismo en el futuro (Jiménez, 2004).

## **2.11 Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Administrar, regular, controlar y planificar las acciones que se desarrollan en un territorio determinado constituye una tarea muy compleja. En este sentido, identificar las variables que intervienen en el proceso de administración, permite conocer una parte del problema, paralelamente resulta imprescindible comprender y analizar las interrelaciones que existen entre esas variables. De este modo es posible construir no sólo el escenario de comportamiento en un momento dado, sino simular comportamientos posibles, deseados o no, para conducir la gestión en el sentido deseado; o en el peor de los casos, poder reaccionar a tiempo ante situaciones imprevistas.

La tecnología de Sistemas de Información Geográfica constituye en este sentido una de las herramientas adecuadas de manejo de información, ya que al usar el modelo de base de datos geo-relacional se asocia un conjunto de información gráfica en forma de planos o mapas a bases de datos digitales (Centro Nacional de Información Geográfica, NCGIA).



## **2.12 Definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato (Velásquez, 2004).

Existen otras muchas definiciones de SIG, como la de Centro Nacional para el análisis de información geográfica, por sus siglas en inglés (N.C.G.I.A) que define los SIG como "un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".

La definición del diccionario de la Asociación para la información geográfica por sus siglas en inglés (AGI) y el Departamento de Geografía de la Universidad de Edimburgo lo explica como: "un sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre", pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo, entre ellas el análisis de riesgo por desastres naturales.

## **2.13 Evaluación del riesgo por medio de tecnología SIG**

La evaluación del riesgo mediante los (SIG) permiten: contar con una visión de conjunto y multivariedad del riesgo, establecer relaciones espaciales y vincular distintos tipos de información, contar con información digital de consulta directa, realizar actualizaciones que respondan al dinamismo del problema (Saborío, 2003).

## **2.14 Mapeo participativo del riesgo**

El mapeo participativo constituye una modalidad de registrar en forma gráfica y participativa, los diferentes componentes de una unidad en estudio, dando lugar a ubicarlos y

describirlos en el espacio y en el tiempo, así como también documentar las percepciones que los pobladores tienen sobre el estado, su distribución y manejo.

La herramienta de realizar mapas con las comunidades tiene ventajas reconocidas por todas aquellas personas que deben tener un diagnóstico de la situación de una zona. Esta herramienta es la que permite tener un diálogo con las comunidades acerca de las dificultades que enfrentan: en el mapa se pueden evidenciar los conflictos de intereses (relaciones entre los que viven aguas arriba y los de aguas abajo de un río por ejemplo), y todos aquellos relacionados con conflictos de uso de los recursos naturales (desde la tierra, el suelo, hasta los recursos de cacería y recolección) (PFA, 1998).

Los objetivos de aplicación de esta herramienta son:

1. Documentar la percepción sobre el manejo del espacio que tienen los habitantes de una comunidad.
2. Identificar y ubicar gráficamente los recursos comunitarios y su descripción por parte de los pobladores locales.
3. Facilitar la recolección ordenada de información comunitaria.
4. Hacer inventario de infraestructura básica y servicios a nivel de la comunidad.
5. Documentar parámetros que servirán para la realización de evaluaciones de impacto futuras.
6. Levantar información censal en forma rápida.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Descripción del área de estudio.

La investigación se realizó en la Microcuenca del Río Gila (Figura 1), localizada en el Occidente de Honduras, en el Departamento de Copán, entre los 14° 43' 00" y los 14° 58' 00" latitud norte, y entre los 88° 53' 00" y 89° 14' 00" longitud oeste. Comprende la totalidad del territorio de la jurisdicción del municipio de Cabañas. Su extensión se estima en 130,5 km<sup>2</sup>. Las hojas cartográficas correspondientes a la zona son: Copán Ruinas (2360 I) y San Fernando (2360 II), escala 1:50.000 (Fuente IGN). La Microcuenca del Río Gila 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.

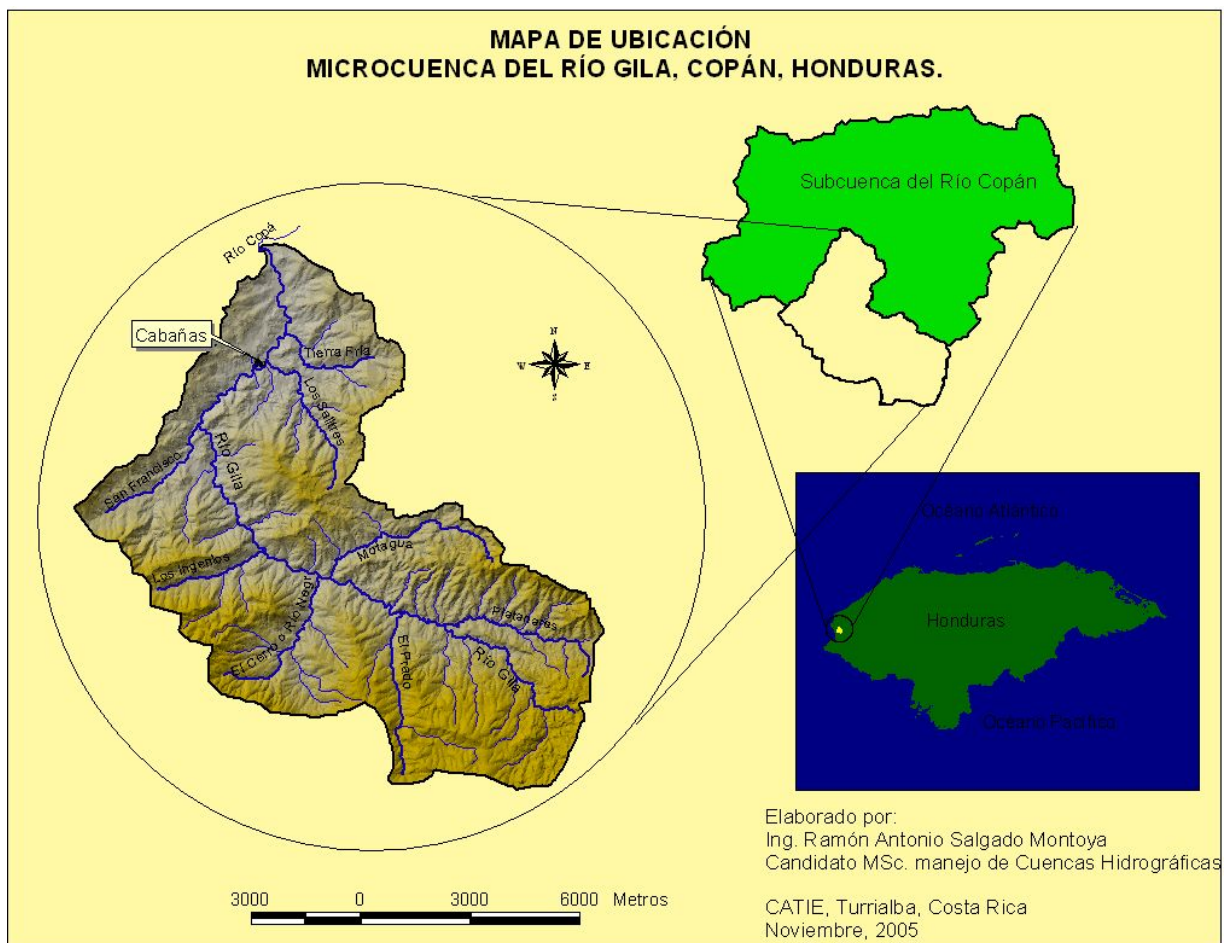


Figura 1. Mapa de ubicación Microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras.

### 3.1.1 El clima

El clima en la microcuenca es templado en la mayor parte del año, con temperaturas promedio de 21°C, máximas de 29°C y mínimas de 18,3°C. De junio a diciembre se ha determinado como periodo lluvioso, con temperaturas medias de 20°C. Los meses de enero a mayo se consideran como la estación seca con temperaturas mayores a los 25°C. (Fuente estación La Entrada).

### 3.1.2 Precipitación

La estación pluviométrica más cercana a la zona se encuentra ubicada en La Entrada, Copán, donde se han registrado promedios anuales de precipitación de 1404 mm. El área se caracteriza por presentar un comportamiento bimodal de precipitaciones, siendo junio y septiembre con 269,7 y 233,2 mm, respectivamente, los meses con mayor pluviometría y el más seco marzo con 15,9 mm de precipitación. La humedad relativa promedio en esta zona es de 77% (fuente estación meteorológica La Entrada).

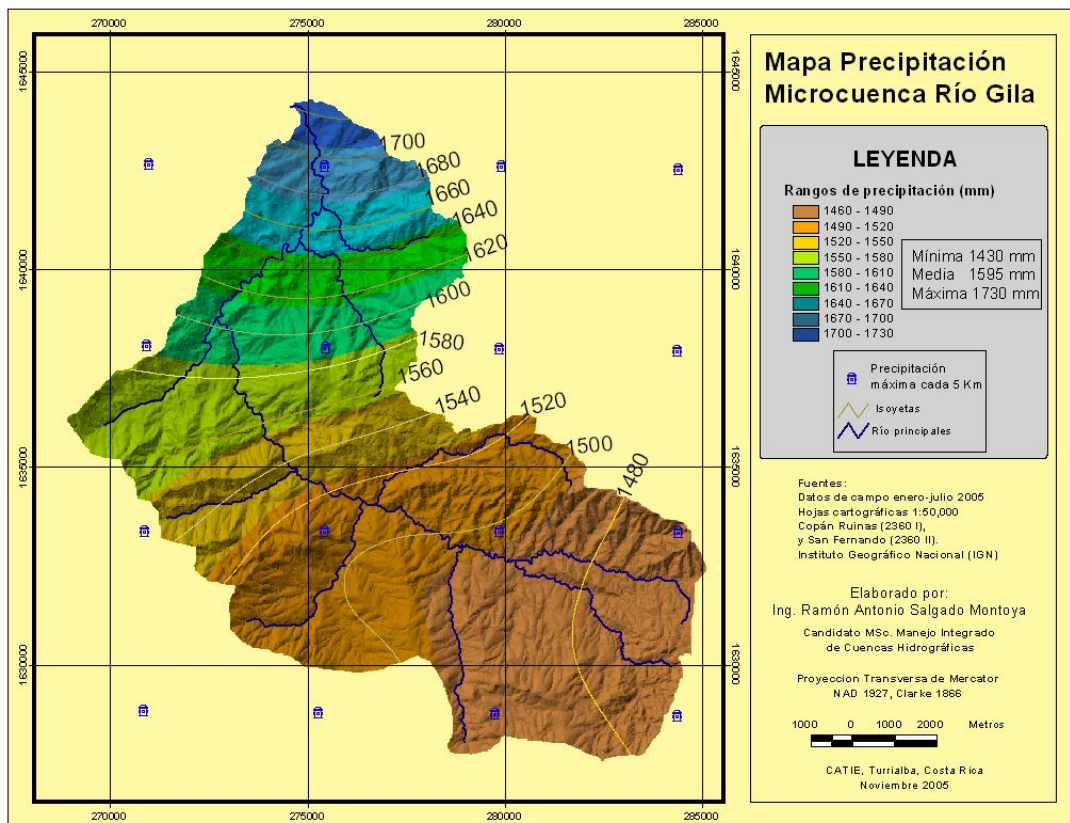


Figura 2. Mapa de precipitación Microcuenca del Río Gila.

### 3.1.3 Topografía y relieve

La Microcuenca del Río Gila presenta una topografía bastante irregular con pendientes de moderadas a fuertes en su mayoría, los rangos están entre 10 a >40% de pendiente, presentando un 12,9% de superficie plana, 32,6% con pendientes suaves, 40,1% con pendientes moderadas, 13,5% con pendientes fuertes y 0,90% con pendientes muy fuertes. Los rangos altitudinales oscilan entre los 640 y 1884 msnm.

En cuanto a relieve, en esta microcuenca llegan ramales de la Sierra El Gallinero formando los grupos montañosos siguientes (fuente hojas cartográficas 1:50.000 del IGN).

- En el Norte, la montaña de Tierra Fría y el Cerro de Santa Bárbara.
- En el Sur, el Cerro Chino, Cerro El Tambor, Cerro de Las Flores, Montaña del Socorro, Cerro Mirador y El Jarro.
- En el Este, Los Zacatales, Cerro Pacho, Los Cajones y Cerro La Canteada.
- En el Oeste, Cerro El Coche, Cerro Cuchilla Larga.

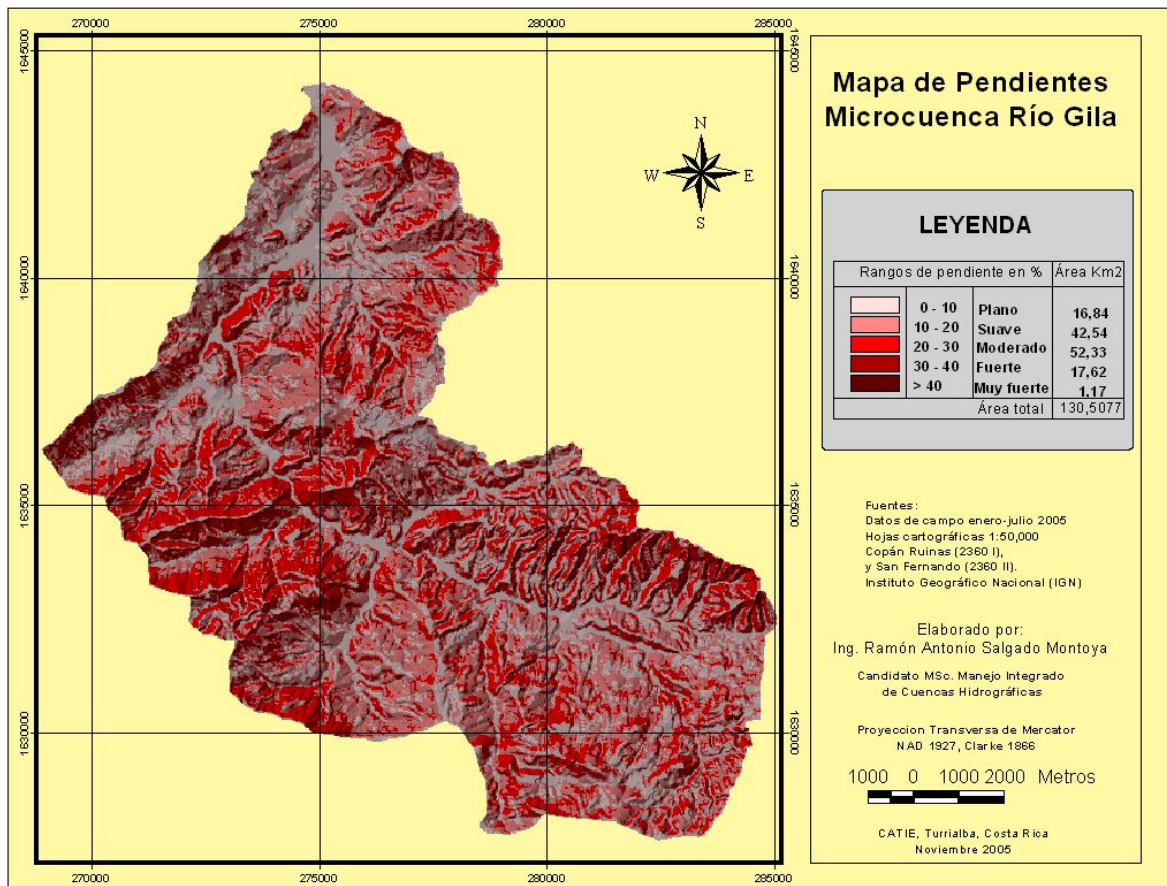


Figura 3. Mapa de pendientes Microcuenca del Río Gila.

### **3.1.4 Geología y suelos**

Los suelos de la microcuenca son medianamente profundos y fértiles, aptos para la agricultura aunque en su mayoría son de vocación forestal. La zona presenta alto grado de erosión, debido a las pendientes pronunciadas y a la realización de actividades agrícolas sin utilizar ningún tipo de prácticas para su conservación y en otros casos las áreas han sido utilizadas para pastoreo.

Los suelos encontrados en la Microcuenca del Río Gila según la metodología de serie de suelos de Simmons y Castellanos son: Chandala, Sulaco y los Suelos de los Valles (Atlas de Honduras elaborado por el CIAT).

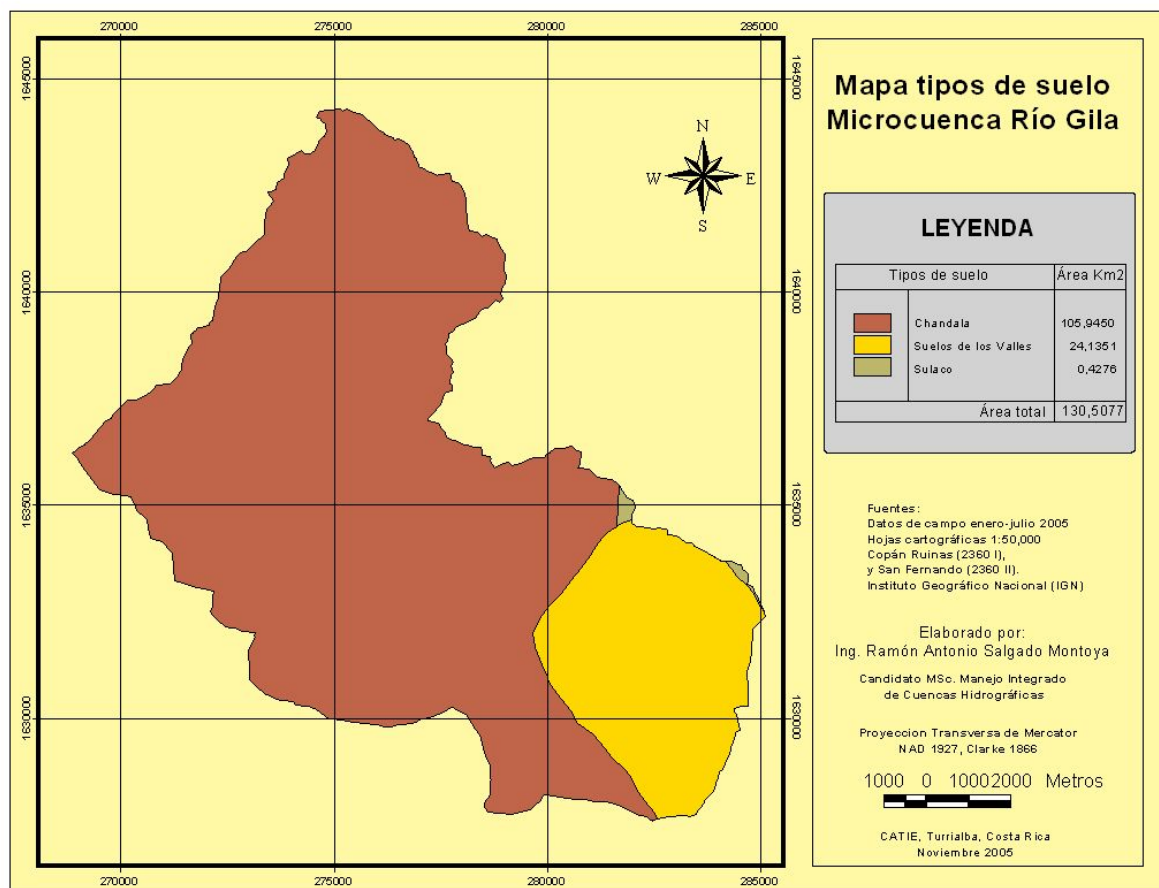
**Suelos Chandala (CHA):** son un conjunto de suelos bien drenados, desarrollados sobre calizas y lutitas interestratificadas; Tienen un relieve alomado a escarpado con pendientes de hasta 50% o más y están asociadas con los suelos Chimbo y Sulaco o constituyen una mezcla de ambos que a nivel de estudio resulta difícil su separación. La textura de estos suelos varía de franco-arenoso a franco-arcillosa y muchas áreas presentan alta pedregosidad con afloramientos rocosos, donde el color varía desde rojo oscuro a gris rojizo. Estos suelos se usan para la agricultura y ganadería extensiva aunque por lo general, están cubiertos de matorrales y en lugares no intervenidos por el hombre tienen una cobertura vegetal compuesta de especies arbóreas latifoliadas.

**Suelos Sulaco (Su):** son suelos poco profundos, relativamente bien drenados, desarrollados sobre caliza o mármol, en gran parte dolomíticos y de relieve escarpado con pendientes de hasta 60% y más. Estos suelos están asociados a los suelos Chimbo y Chandala. Por lo general estos suelos contienen una gran cantidad de piedras, alcanzando una pedregosidad de 40 a 60% en la superficie. La vegetación predominante la constituyen árboles latifoliados, aunque también se encuentren en bosques de pino y mixtos. Muchas áreas se dedican a la agricultura con métodos primitivos, por lo que su rendimiento en productividad es bastante bajo.

**Suelos de los Valles (Sv):** en esta unidad se encuentran agrupados los suelos que mejor pueden responder al desarrollo de la agricultura en forma intensiva, por su profundidad, drenaje, fertilidad y topografía. Muchas áreas pueden ser irrigadas y son aptos para toda clase



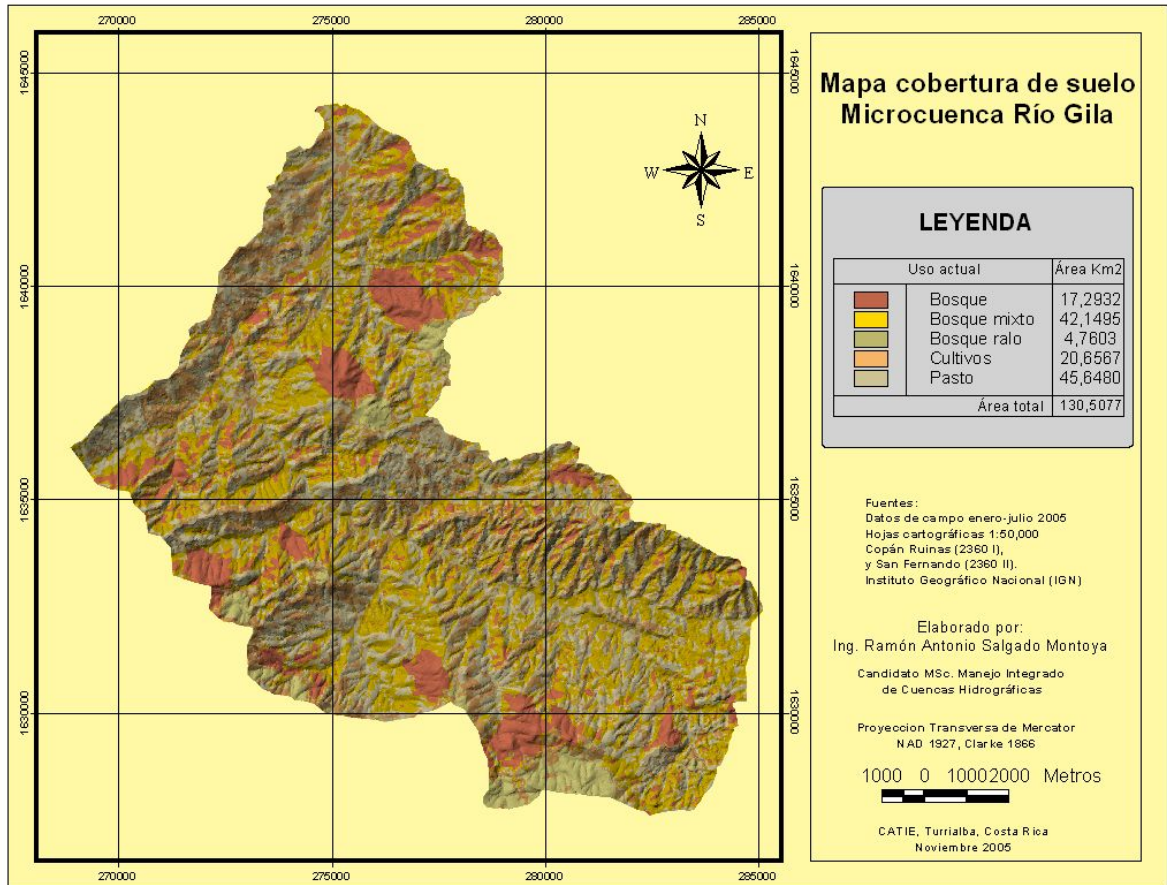
de cultivos propios del clima. No obstante, se encuentran enclavadas en esta unidad, otras unidades con problemas de drenaje, pedregosidad, disección e inundación.



*Figura 4. Mapa de suelos Microcuenca del Río Gila.*

### **3.1.5 Uso actual del suelo**

En general en la microcuenca los cultivos agrícolas anuales permanentes y la ganadería son las actividades que se presentan como la base de la economía local, ocupando estos rubros una gran área dentro de la misma. Además otras actividades productivas como el aprovechamiento forestal y el cultivo del café son otras opciones para algunos de los habitantes (Figura 5)



*Figura 5. Mapa de cobertura Microcuenca del Río Gila.*

### **3.1.6 Características socioeconómicas**

La población de la microcuenca está constituida principalmente por los habitantes del municipio de Cabañas; se estima que la población dentro de la microcuenca es de 10.375 habitantes de los cuales 5.185 son hombres y 5.190 son mujeres, con una densidad poblacional de 80 personas / km<sup>2</sup>.

Las comunidades que conforman la Microcuenca son: El Llano, Aldea Nueva, Peñas 1, Naranjales, Mirasolito de Río Negro, Río Negro, Ingenios, Cumbre San Juan, Nueva Esperanza, Guarumal, Las Juntas, El Guayabo, Pueblo Viejo, San Antonio Miramar, San Manuel, La Unión 2, Mirasolito de la Esperanza, Lomas la Esperanza, Peñas, Pinalito, Motagua, Descombros, La cuchilla, Buenos Aires, El Prado, Las Juntas 1, Platanares, Barbasquedero, San José Miramar, Las Crucitas, La Unión 1.



En el municipio de Cabañas el 42% de la población se dedica a la agricultura, el 1,72% a la ganadería, el 2,9% al comercio, servicio doméstico el 41,70% siendo un total de 89,56 ocupados y 10,44 desocupados.

### ***3.1.7 Características de los recursos naturales***

**Bosque:** en el área de la microcuenca aún se encuentran extensiones de bosque conífera (pino y pinabete) y latifoliado, (Liquidámbar, Ceibo, Guanacaste, Aguacatillo etc.). Algunos de estos bosques son vistos como reservas, pero legalmente no han sido declaradas como tales, excepto La Fortuna, El Salitre y Tierra Fría. La más importante población boscosa de la Microcuenca es **La Fortuna** y parte de ella pertenece al municipio de San Jorge Ocotepique. Sin embargo, los pobladores han ido terminando poco a poco con la flora, la fauna y también se ha agotado el recurso hídrico.

Igualmente otras áreas boscosas han sido deforestadas por la población para realizar prácticas agrícolas y ganaderas, producto de la falta de conocimiento de técnicas de cultivos, tenencia de la tierra, lo que lleva a la agricultura migratoria.

**Recursos Hídricos:** la red hídrica está conformada por una corriente principal a la cual se le denomina Río Gila y a éste se le adhieren una serie de quebradas y riachuelos que conforman varias microcuencas, entre las principales están las formadas por las Quebradas San Francisco, Tierra Fría, Los Salitres, Los Ingenios, Motagua, El Cerro o Río Negro, El Prado, Platanares. El Río Gila, es de tercer orden y tributario de la Subcuenca del Río Copán que drena sus aguas hacia el occidente para unirse con la cuenca principal del Río Motagua.

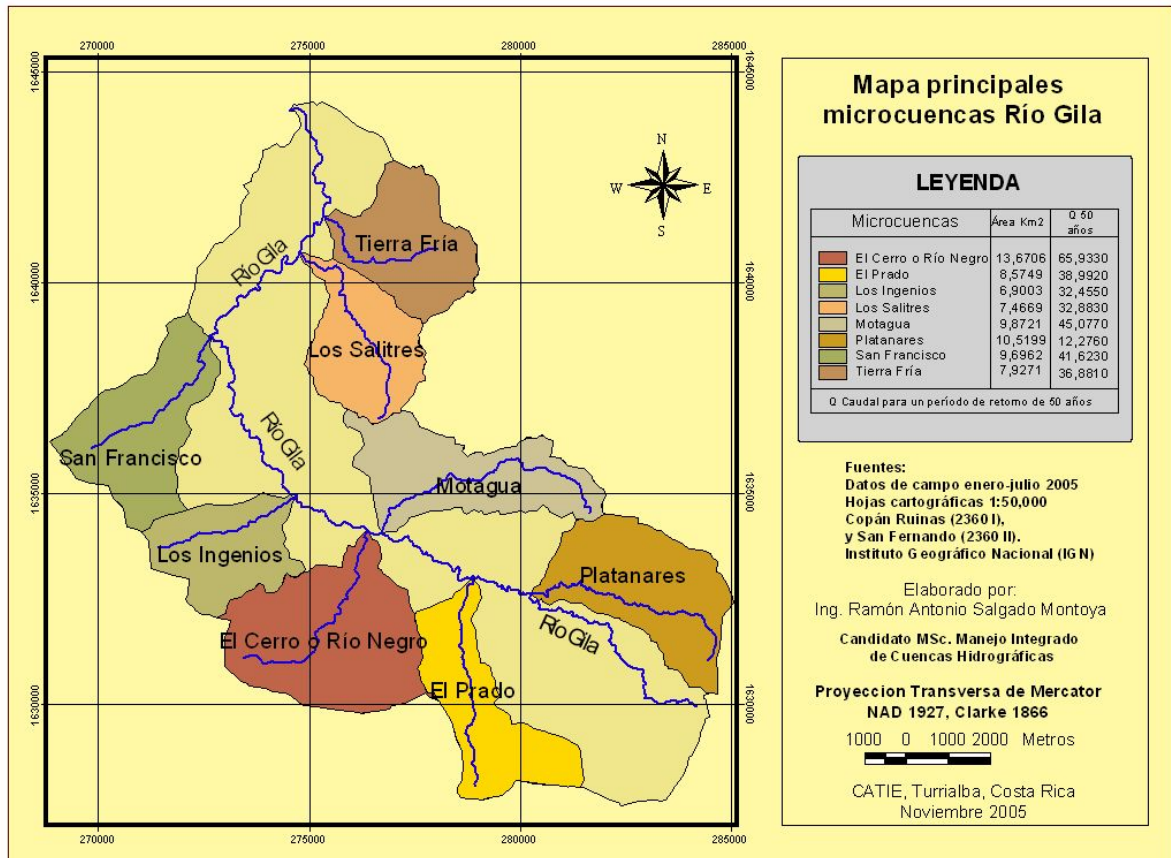


Figura 6. Mapa de microcuencas, Río Gila

## 3.2 Metodología aplicada

### 3.2.1 Organización del trabajo

El estudio se organizó en una serie de fases en las que se realizaron varias actividades preparatorias para la recopilación, análisis e interpretación de la información.

En la fase de recolección de información secundaria se consideró la presentación del estudio a la Corporación Municipal en este caso la del municipio de Cabañas, a las instituciones públicas y privadas presentes en la zona y a las comunidades. La presentación del estudio se llevó a cabo en el primer cabildo abierto informativo ambiental y gestión del agua realizado por la municipalidad de Cabañas y las instituciones de la zona, para lo cual, se incluyó en el programa una participación para dar a conocer el estudio. En dicho cabildo participaron los representantes o informantes clave de cada una de las comunidades del

municipio, lo que permitió un primer acercamiento con los pobladores del área, necesario para el desarrollo de las actividades posteriores, ya que la experiencia de estas personas fue muy valiosa, tanto en los primeros pasos de la investigación, para efectuar una primera aproximación al área de estudio, como en las etapas posteriores de trabajo de campo.

Este primer acercamiento también sirvió para iniciar una fase de recolección de información de las diferentes comunidades, seleccionar los participantes para los talleres a desarrollar posteriormente e iniciar un primer contacto con técnicos de las diferentes instituciones presentes en la zona.

En esta fase se inicio la elaboración de la cartografía base para los análisis de vulnerabilidad y de las amenazas, tales como:

- Mapas de ubicación del área, hojas cartográficas 1:50.000 del IGN.
- TIN (Trianguled Irregular Network) que es una estructura de datos vectoriales formados por una red de triángulos irregulares interconectados. En cada vértice esta la información de posición y cota x,y,z. Con el TIN se presenta una estructura en 3D del terreno muy semejante a la realidad.
- MED (Modelo de elevación del terreno) es una estructura de datos raster que al igual que el TIN representa una variable en la cota Z; normalmente suele ser la elevación (Modelo de elevación).
- Mapas temáticos de: suelo, uso del suelo, capacidad de uso, pendientes, microcuencas, mapa de comunidades.

### ***3.2.2 Recolección de información primaria***

En esta fase se utilizaron una serie de métodos y técnicas para obtener la información requerida, algunas de estas herramientas fueron los talleres y ejercicios grupales que constituyeron un apoyo muy importante y significativo al momento de la recolección de la información.

Durante el estudio se desarrollaron seis talleres; cabe destacar que por el tamaño del área se determinó hacer una división de microcuenca en parte alta, media y baja para poder desarrollar mejor los talleres y tener una mayor presencia de los informantes clave, ya que los sitios quedan muy retirados además de que el transporte en la zona no es muy frecuente.

El objetivo principal de los primeros tres talleres desarrollados fué la recopilación de información de la comunidad, para lo cual se desarrolló una encuesta (anexo 34) para ser llenada con los participantes, misma que recopila toda la información relevante de la comunidad y que sirvió para el análisis de la vulnerabilidad en la zona, en estos talleres se aprovechó también para dar a conocer conceptos básicos de desastres, la importancia del proceso participativo para la reducción del riesgo y la identificación participativa de las amenazas en la zona.

Tres talleres tenían como objetivo principal la elaboración de los mapas de riesgo comunitario. El mapeo participativo constituye una modalidad de registrar en forma gráfica y participativa, los diferentes componentes de un área de estudio, dando lugar a ubicarlos y describirlos en el espacio y en el tiempo, así como también documentar las percepciones que los pobladores tienen sobre el estado de los recursos, su distribución y manejo.

### ***3.2.3 Análisis de los resultados***

Esta fase se realizó considerando los siguientes aspectos:

- Determinación de la vulnerabilidad global tanto para deslizamientos como para inundaciones, mediante la realización de los talleres y dinámica participativa, encuestas, que ayudaron a identificar los indicadores biofísicos y socioeconómicos.
- Definición de áreas críticas tanto para deslizamientos como inundaciones (modelación hidrológica).
- Identificación participativa de las amenazas a través del mapeo comunitario.
- Definición del riesgo a inundaciones y deslizamientos en la microcuenca a través de la integración de la vulnerabilidad global a las áreas críticas, utilizando para ello el SIG como una herramienta de análisis.
- Priorización de las zonas con mayor riesgo (inundaciones y deslizamientos) y propuesta de lineamientos y acciones concretas para la prevención de desastres.

### **3.3 Metodología para evaluar la vulnerabilidad global (Objetivo 1)**

La vulnerabilidad global se subdivide en diferentes tipos (Wilches-Chaux, 1989): social, económica, política, institucional, ideológica, cultural, educativa, física, técnica, ecológica.

Para evaluar la vulnerabilidad de la Microcuenca del Río Gila, se identificaron todos los elementos que pudieran estar en riesgo de una amenaza particular, para lo cual se elaboró una entrevista con preguntas específicas para los informantes clave o representantes de instituciones que trabajan en actividades relacionadas al tipo de vulnerabilidad.

La recolección de la información se realizó en las comunidades dentro de la Microcuenca, a través de talleres participativos, para lo cual se tomo como punto de partida la información del Instituto Nacional de Censos y Estadísticas (INE), que establece según el último censo poblacional que el Municipio de Cabañas cuenta con 21 comunidades, tomando en cuenta esto y el tamaño de la microcuenca, para poder recolectar la información de cada comunidad se procedió a dividir el área en tres partes (alta, media y baja) en las cuales se desarrollaron tres talleres de recolección de información, invitando a los miembros clave de cada comunidad como ser: presidentes de patronatos y de juntas de agua, miembros de los CODEM (Comités de Desarrollo Municipal), técnicos de instituciones públicas y privadas, ONG (CASM y APP), maestros y alcaldes auxiliares.

#### ***3.3.1 Indicadores de vulnerabilidad***

Se empleó el enfoque metodológico utilizado en estudios específicos realizados con estudiantes de maestría del CATIE, en diferentes cuencas de América Central, las cuales indican que para cada uno de los tipos de vulnerabilidad se identifican indicadores representativos de la microcuenca (Cáceres, 2001). Los indicadores se seleccionaron para cada tipo de amenaza a tratar, en este caso inundaciones y deslizamientos. El cuadro 1 muestra las variables y los respectivos indicadores que fueron utilizados en este estudio para la amenaza de deslizamientos y en el anexo 35 se muestra el mismo cuadro con la fuente de recolección de información.

*Cuadro 1. Variables e indicadores de vulnerabilidad a deslizamientos.*

<b>Tipo de Vulnerabilidad</b>	<b>VARIABLES RESPUESTA</b>	<b>INDICADOR</b>
Física	Asentamientos humanos en ladera	No. de casas en ladera
	Resistencia de estructuras	Tipo de construcción
	Infraestructuras destinadas a emergencias	Número presente
	Accesibilidad a la comunidad	Accesibilidad durante el año
Social	Organización comunal	No. de organizaciones
	Instituciones presentes en la zona	No. de instituciones
	Población	Índice de población
	Acceso a medios de comunicación	% de la población que tiene radio
	Ubicación del servicio de salud	Ubicación
	Tipo de servicio de salud	Tipo de servicio
Política	Apoyo gubernamental en proyectos de la comunidad	No. proyectos ejecutados por año
	Participación comunitaria en las decisiones locales	No. de representantes de la comunidad
	Liderazgo en la comunidad	% de la población que reconoce a los líderes
Técnica	Equipos y obras para prevenir o mitigar el riesgo	Disponibilidad de equipo
	Tecnología de construcción en zonas de riesgo	% de infraestructura con técnicas de construcción
Ecológica	Deforestación	% de área deforestada
	Agricultura migratoria	% Área sin obras de conservación
Educativa	Educación analfabetismo	% de analfabetismo
	Grado de escolaridad	Grado de escolaridad
	Educación orientada a la educación	% de la población capacitada
Cultural	Participación de la mujer en actividades preventivas	% de mujeres
	Programas radiales y TV prevención de riesgo	No. de programas
	Integración intercomunal para prevención	% de la población dispuesta a trabajar en equipo.
Ideológica	Reacción comunal en la fase de pre-desastre	% de participación comunal
	Reacción comunal en la fase de impacto	% de participación comunal
	Percepción fatalista	% de la población
Económica	Desarrollo económico	Ingreso per cápita
	Dependencia económica	No. de actividades productivas
	Desempleo	% habitantes desempleados
	Acceso a servicios públicos	% de la población que no tiene acceso a servicios públicos
Institucional	Instituciones relacionadas con la prevención y mitigación de riesgos	No. de instituciones
	Planes de mitigación	Planes ejecutados por año
	Capacitación técnica	% técnicos capacitados por año

En el caso de la vulnerabilidad por inundaciones se identificaron indicadores específicos para este tipo de amenaza en lo que respecta a la vulnerabilidad **física y técnica** que no se tomaron en cuenta en los indicadores de vulnerabilidad a deslizamientos.

En lo que respecta a los otros tipos de vulnerabilidad (social, económica, política, ideológica, cultural, educativa) la información recopilada se empleó como información de uso común para ambos tipos de amenaza (deslizamientos e inundaciones). El cuadro 2 muestra las variables y los respectivos indicadores de la amenaza a inundaciones.

*Cuadro 2. Variables e indicadores de vulnerabilidad a inundaciones*

<b>Tipo de vulnerabilidad</b>	<b>Variables respuesta</b>	<b>Indicador</b>
Física	Asentamientos localizados en riberas de ríos	No. de casas
	Conducción de agua potable y su funcionalidad	Funcionalidad de tuberías ante inundaciones
	Infraestructura destinada a emergencia	No. presente
Técnica	Diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos	% de obras hidráulicas con capacidad a eventos extremos
	Mantenimiento de obras hidráulicas	Frecuencia de mantenimiento de obras hidráulicas
	Estado de puentes	% de puentes en buen estado

### **3.3.2 Valoración, estandarización de los indicadores seleccionados**

Para lograr uniformidad en el análisis de los diferentes indicadores (tanto para inundaciones como para deslizamientos), sabiendo que unos son medibles cuantitativamente y otros cualitativamente, fue necesario estandarizar las variables que contienen a cada uno de los indicadores. Esta estandarización dentro de los indicadores partió del concepto de analizar el grado de influencia que los distintos valores (variable observada) tienen dentro del indicador para obtener un determinado nivel de severidad en la vulnerabilidad, es decir, entre mayor es el aporte del indicador a la vulnerabilidad, mayor valor estandarizado. El cuadro 3 muestra el valor otorgado a cada vulnerabilidad para lograr la estandarización y así poder definir la ponderación para la medición de la vulnerabilidad global en cada una de las comunidades.

*Cuadro 3. Caracterización y valoración de los indicadores de vulnerabilidad.*

<b>Tipo de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
Muy alta	4
Alta	3
Media	2
Baja	1
Muy baja	0

Se propone una ponderación lineal asignando valores de 0- 4 donde 0 fue asignado a la situación del indicador que presentó la menor vulnerabilidad y el valor de cuatro (4) se asignó a la situación más crítica del indicador, lo cual refleja la situación de mayor vulnerabilidad.

A continuación se presentan en cuadros sucesivos los diferentes indicadores para cada tipo de vulnerabilidad y amenaza (deslizamientos e inundaciones).

#### **Deslizamientos**

##### ***Vulnerabilidad física***

*Cuadro 4. Valoración del indicador número de casas en laderas*

<b>No. de casas en laderas</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
> 8	Muy alta	4
6-7	Alta	3
5-6	Media	2
3-4	Baja	1
0-2	Muy baja	0

*Cuadro 5. Valoración del indicador % de viviendas construidas con materiales resistentes*

<b>% de viviendas construidas con materiales resistentes</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
Bahareque	Muy alta	4
Tabla	Alta	3
Adobe	Media	2
Bloque	Baja	1
Ladrillo	Muy baja	0



*Cuadro 6. Valoración del indicador número de infraestructuras destinadas a emergencias*

<b>% de la población con acceso a albergues en caso de emergencias</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0-19,9	Muy alta	4
20-39,9	Alta	3
40-59,9	Media	2
60-79,9	Baja	1
80-100	Muy baja	0

*Cuadro 7. Ponderación de la variable accesibilidad a la comunidad*

<b>Accesibilidad en el año</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
Difícil acceso todo el año	Muy alta	4
Acceso de enero a mayo	Alta	3
Acceso de enero a agosto	Media	2
Acceso de enero a octubre	Baja	1
Facil acceso todo el año	Muy baja	0

### ***Vulnerabilidad social***

*Cuadro 8. Ponderación de la variable organización comunal*

<b>Número de organizaciones</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
4 ó más	Muy baja	0

*Cuadro 9. Ponderación de la variable instituciones presentes en la zona*

<b>Número de Instituciones</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
4 ó más	Muy baja	0

*Cuadro 10. Ponderación de la variable acceso a medios de comunicación*

<b>% población con radio</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0-19,9	Muy alta	4
20-39,9	Alta	3
40-59,9	Media	2
60-79,9	Baja	1
80-100	Muy baja	0

*Cuadro 11. Ponderación de la variable población*

<b>Índice de población</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0,81-1,00	Muy alta	4
0,64-0,80	Alta	3
0,41-0,60	Media	2
0,21-0,40	Baja	1
0-0,20	Muy baja	0

*Cuadro 12. Ponderación de la variable ubicación del servicio de salud*

<b>Ubicación del servicio</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
En Santa Rita	Muy alta	4
En Cabañas	Alta	3
1 para toda la Microcuenca	Media	2
1 para 3 comunidades	Baja	1
Uno cada comunidad	Muy baja	0

*Cuadro 13. Ponderación de la variable tipo de servicio de salud*

<b>Tipo de Servicio</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
Ninguno	Muy alta	4
Guardián de salud	Alta	3
Puesto de salud	Media	2
Centro de salud	Baja	1
Hospital	Muy baja	0

### ***Vulnerabilidad ecológica***

*Cuadro 14. Ponderación de la variable deforestación*

<b>% de área deforestada</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
20 ó más	Muy alta	4
15 – 19,99	Alta	3
10 – 14,99	Media	2
5 – 9,99	Baja	1
0 – 4,99	Muy baja	0

*Cuadro 15. Ponderación de la variable agricultura migratoria*

<b>% del área sin practicas de conservación de suelos</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Clasificación</b>
> 60	Muy alta	4
46-60	Alta	3
31-45	Media	2
16-30	Baja	1
0-15	Muy baja	0

### ***Vulnerabilidad económica***

*Cuadro 16. Ponderación de la variable desarrollo económico*

<b>Ingreso per cápita (Lps)</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
< 2000	Muy alta	4
2001 – 4000	Alta	3
4001 – 6000	Media	2
6001 – 8000	Baja	1
> 8000	Muy baja	0

*Cuadro 17. Ponderación de la variable dependencia económica*

<b>No. de actividades productivas</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
1 Actividad	Muy alta	4
2 Actividades	Alta	3
3 Actividades	Media	2
4 Actividades	Baja	1
5 ó más Actividades	Muy baja	0

*Cuadro 18. Ponderación de la variable desempleo*

<b>% de habitantes desempleados</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
20 ó más	Muy alta	4
15 – 19,99	Alta	3
10 – 14,99	Media	2
5 – 9,99	Baja	1
0 – 4,99	Muy baja	0

*Cuadro 19. Ponderación de la variable acceso a servicios públicos*

<b>% de población que no tiene acceso</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
20 ó más	Muy alta	4
15 – 19,99	Alta	3
10 – 14,99	Media	2
5 – 9,99	Baja	1
0 – 4,99	Muy baja	0

### ***Vulnerabilidad política***

*Cuadro 20. Ponderación de la variable apoyo municipal u otro ente estatal en proyectos comunitarios*

<b>Proyectos ejecutados por año</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0	Muy alta	4
1	Alta	3

Proyectos ejecutados por año	Vulnerabilidad	Calificación
2	Media	2
3	Baja	1
> 3	Muy baja	0

*Cuadro 21. Ponderación de la variable participación comunitaria en las decisiones locales*

No. representantes de la comunidad	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguno	Muy alta	4
Uno para toda la zona	Alta	3
Uno cada tres comunidades	Media	2
Uno cada dos comunidades	Baja	1
Uno por comunidad	Muy baja	0

*Cuadro 22. Ponderación de la variable liderazgo en la comunidad*

% de población que reconoce a los líderes	Vulnerabilidad	Calificación
0-19,9	Muy alta	4
20-39,9	Alta	3
40-59,9	Media	2
60-79,9	Baja	1
80-100	Muy baja	0

### ***Vulnerabilidad Técnica***

*Cuadro 23. Ponderación de la variable equipos y obras para prevenir o mitigar el riesgo*

Disponibilidad de equipo	Vulnerabilidad	Calificación
En San Pedro Sula	Muy alta	4
En Copán Ruinas	Alta	3
En Santa Rita	Media	2
En Cabañas	Baja	1
En cada comunidad	Muy baja	0

*Cuadro 24. Ponderación de la variable tecnología de construcción en zonas de riesgo*

% de infraestructuras con técnicas de construcción	Vulnerabilidad	Calificación
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 - 100	Muy baja	0

### ***Vulnerabilidad Ideológica***

*Cuadro 25. Ponderación de la variable reacción comunal en la fase pre-desastre.*

<b>Participación comunitaria (%)</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 – 100	Muy baja	0

*Cuadro 26. Ponderación de la variable reacción de la comunidad en la fase impacto y rehabilitación*

<b>Participación comunitaria (%)</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 – 100	Muy baja	0

*Cuadro 27. Ponderación de la variable percepción fatalista*

<b>Percepción fatalista</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
80 – 100	Muy alta	0
60 – 79,99	Alta	1
40 – 59,99	Media	2
20 – 39,99	Baja	3
0 – 19,99	Muy baja	4

### ***Vulnerabilidad cultural***

*Cuadro 28. Ponderación de la variable participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de desastres*

<b>Participación de la mujer</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 – 100	Muy baja	0

*Cuadro 29. Ponderación de la variable programas radiales y televisados sobre prevención y mitigación de desastres.*

<b>No. de programas</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
4 ó más	Muy baja	0

*Cuadro 30. Ponderación de la variable integración ínter comunal para prevención y/o mitigación de desastres*

<b>Población dispuesta a trabajar en equipo (%)</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 – 100	Muy baja	0

***Vulnerabilidad educativa***

*Cuadro 31. Ponderación de la variable analfabetismo*

<b>Analfabetismo</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
20 ó más	Muy alta	4
15-19,9	Alta	3
10-14,9	Media	2
5-9,9	Baja	1
< 5	Muy baja	0

*Cuadro 32. Ponderación de la variable grado de escolaridad*

<b>Grado de Escolaridad</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
Pre-escolar	Muy alta	4
Escolar	Alta	3
Plan Básico	Media	2
Secundario	Baja	1
Universitario	Muy baja	0

*Cuadro 33. Ponderación de la variable orientación a la prevención y mitigación de desastres naturales*

<b>% población capacitada</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 – 100	Muy baja	0

***Vulnerabilidad institucional***

*Cuadro 34. Ponderación de la variable instituciones relacionadas con la prevención y mitigación de riesgos*

<b>No. de instituciones presentes</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
4 ó más	Muy baja	0

*Cuadro 35. Ponderación de la variable planes de mitigación*

<b>Planes ejecutados por año</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 – 100	Muy baja	0

*Cuadro 36. Ponderación de la variable capacitación de personal técnico*

<b>% técnicos capacitados por año</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
0 – 19,99	Muy alta	4
20 – 39,99	Alta	3
40 – 59,99	Media	2
60 – 79,99	Baja	1
80 – 100	Muy baja	0

### Inundaciones: *Vulnerabilidad física*

Cuadro 37. Ponderación de la variable conducción de agua potable y su funcionalidad

Funcionalidad de tubería ante inundación (%)	Vulnerabilidad	Calificación
≥ 21	Muy alta	4
16 - 20	Alta	3
11 - 15	Media	2
6 - 10	Baja	1
0 - 5	Muy baja	0

Cuadro 38. Ponderación de la variable asentamientos humanos en ribera de ríos

No. de casas en ribera de ríos	Vulnerabilidad	Calificación
≥ 8	Muy alta	4
7-8	Alta	3
5-6	Media	2
3-4	Baja	1
0-2	Muy baja	0

### *Vulnerabilidad técnica*

Cuadro 39. Ponderación de la variable estado de puentes

Porcentaje de puentes en buen estado	Vulnerabilidad	Calificación
51 - 60	Muy Alta	4
61 - 70	Alta	3
71 - 80	Media	2
81 - 90	Baja	1
91 - 100	Muy baja	0

Cuadro 40. Ponderación de la variable diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos

Porcentaje de obras hidráulicas con capacidad a eventos extremos (%)	Vulnerabilidad	Calificación
51 - 60	Muy Alta	4
<b>61 - 70</b>	<b>Alta</b>	<b>3</b>
71 - 80	Media	2
81 - 90	Baja	1
91 - 100	Muy baja	0

Cuadro 41. Ponderación de la variable mantenimiento de obras hidráulicas

Frecuencia de mantenimiento de obras hidráulicas	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
Nunca o casi nunca	Muy Alta	4
Poco frecuente	Alta	3
Frecuente	Media	2
Bastante frecuente	Baja	1
Muy frecuente	Muy baja	0



### 3.3.3 Ponderación y estimación de la vulnerabilidad global

Para obtener el grado de vulnerabilidad de la microcuenca se calculo con base al tipo de vulnerabilidad como 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 numero total de índices para obtener un índice promedio.
- El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice (o sea 4) y se multiplica por cien para obtener el nivel de vulnerabilidad en porcentaje de la microcuenca para cada tipo de vulnerabilidad correspondiente.
- Luego este porcentaje se compara con la escala de vulnerabilidad según la correspondencia siguiente:

*Cuadro 42. Caracterización de la vulnerabilidad de acuerdo a 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

Para el cálculo de la vulnerabilidad global se empleó la siguiente formula:

$$\text{Vulnerabilidad Global} = \frac{\sum [(a * F) + (b * F) + (c * F) + (d * F) + (e * F) + (f * F) + (g * F) + (h * F) + (i * F) + (j * F)]}{100}$$

a = Vulnerabilidad física, b = Vulnerabilidad social, c = Vulnerabilidad ecológica, d = Vulnerabilidad económica, e = Vulnerabilidad política, f = Vulnerabilidad técnica, g = Vulnerabilidad ideológica, h = Vulnerabilidad cultural, i = Vulnerabilidad educativa, j = Vulnerabilidad institucional  
 F = contribución relativa (%) a la vulnerabilidad global

Para el cálculo integral de la vulnerabilidad (vulnerabilidad global) los indicadores utilizados en esta metodología resultan con un valor promedio de vulnerabilidad, el cual es multiplicado por un peso estimado, representado en la formula por la letra “F” o la

contribución relativa en % de cada una de las vulnerabilidades, esta se determinó de acuerdo a experiencias de expertos, conocimiento del investigador y consultas en literatura relacionadas con el tema.

### 3.3.4 *Espacialización de la vulnerabilidad*

La espacialización de la vulnerabilidad se realizó utilizando ArcView 3.3 (Extensión Spatial Analysis, Model Builder). Para lo cual se usaron los valores ponderados obtenidos para cada tipo de vulnerabilidad. Las tablas que resultaron con el análisis de vulnerabilidad global sirvieron para generar los mapas base de la vulnerabilidad en formato “Shape” para posteriormente ser transformados en temas GRID por el Model Builder y finalmente por sobreposición ponderada obtener como resultado la vulnerabilidad global de la Microcuenca del Río Gila (Figura 7)

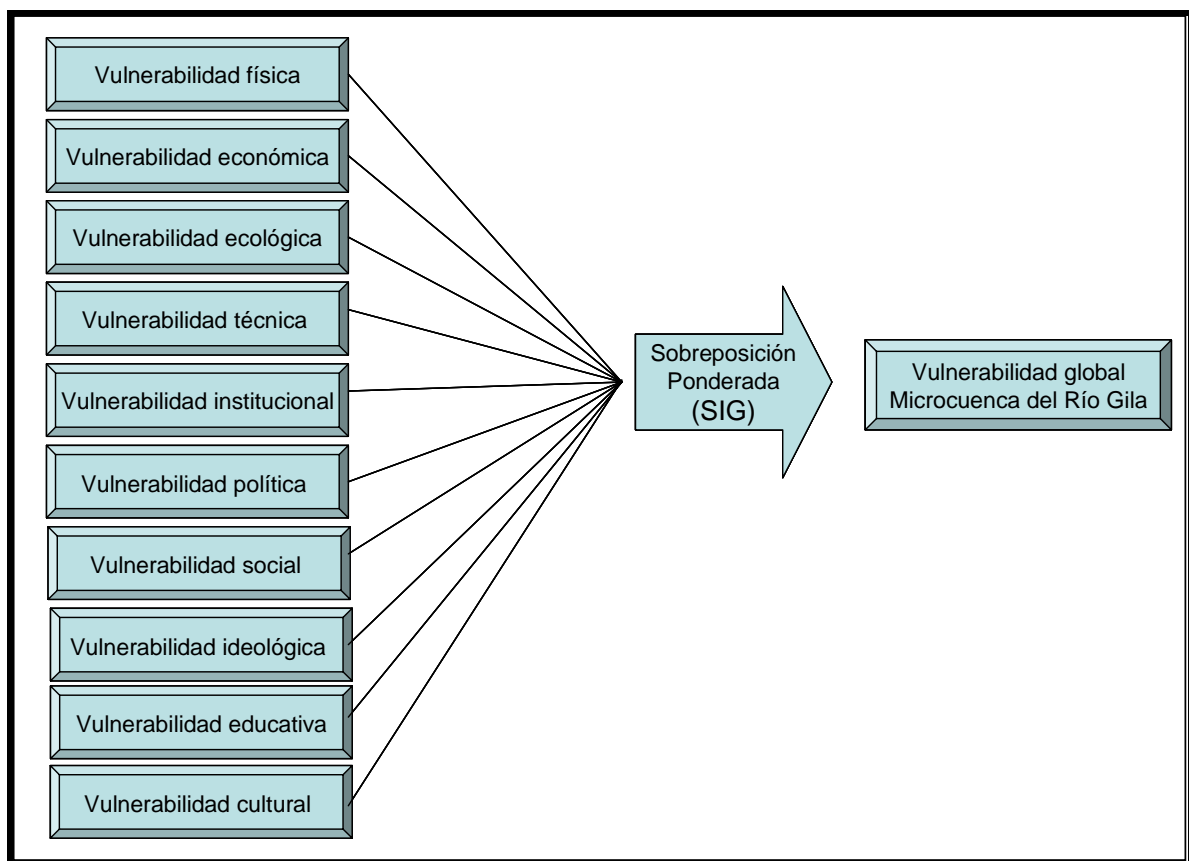


Figura 7. Esquema de la espacialización de la vulnerabilidad global

### **3.4 Metodología para determinar las amenazas (Objetivo 2)**

Con la ayuda de la herramienta de Sistema de Información Geográfica (SIG) se crearon mapas de amenaza para la Microcuenca del Río Gila, de acuerdo a un esquema de clasificación cualitativo, haciendo énfasis en: inundaciones, y deslizamientos. Se toman estas variables ya que, según la MANCORSARIC en su perfil de proyecto de la Mancomunidad de los municipios de Copán Ruinas, Santa Rita, Cabañas y San Jerónimo para el manejo de la Subcuenca del Río Copán y la protección del parque arqueológico de Copán Ruinas, la principal problemática ante desastres en la zona es ocasionada principalmente por inundaciones, deslizamientos y remoción de terrenos.

A continuación se detalla la metodología para obtener los diferentes mapas de acuerdo a las amenazas analizadas: Inundaciones y deslizamientos.

#### ***3.4.1 Amenaza por inundaciones***

##### **3.4.1.1 Aspectos generales**

Para el análisis de las inundaciones se utilizaron los Sistemas de Modelado Hidrológico (HEC-HMS, HecGeoRas y HEC-RAS, Hydrologic Modeling), mismos que son una aplicación desarrollada por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (US Army Corps.).

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la microcuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación, mediante la representación de la microcuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos (Villón, 2002).

El modelo HEC-RAS realiza análisis de sistemas de ríos (*River Analysis System*). Facilita el cálculo de perfiles del agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. ([www.hec.usace.army.mil/software](http://www.hec.usace.army.mil/software)).

HEC-GEORAS es una extensión de ArcView que agiliza el proceso de HEC-RAS.

Para el modelo se requiere contar con información de un evento extraordinario de lluvia (Rivera, 2002), que para el caso de la Microcuenca del Río Gila ubicada en Honduras fue el histograma de la tormenta del Huracán Mitch, que demostró tener las condiciones más críticas en la zona, y que se obtuvo de la estación meteorológica de La Entrada, Copán.

Para el desarrollo del modelo fue necesaria la recopilación de información pluviográfica y pluviométrica de la zona de estudio, misma que fue obtenida de la estación meteorológica La Entrada, dicha estación es manejada por la Dirección General de Recursos Hídricos de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). Estos datos sirvieron para realizar los cálculos necesarios para obtener la información que requiere el modelo, tales como: lluvias máximas, análisis estadísticos de los datos de precipitación, determinar la precipitación máxima para períodos de retorno que se definieron para el estudio (5, 10, 20, 50, 100, 500 y hasta 1000 años).

También se midieron secciones transversales en las zonas del Río Gila, que según el conocimiento local, se ha observado son las zonas que han presentado mayor problema con inundaciones. Al final se combinan los resultados de la modelación hidrológica utilizando SIG para definir las planicies de inundación y determinar las comunidades afectadas en la zona de la Microcuenca del Río Gila.

#### **3.4.1.2 Modelación hidrológica (Caudales máximos HEC-HMS)**

El análisis se realizó utilizando el modelo hidrológico HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System*) el cual permite simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación, mediante la representación de la microcuenca 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 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 modelaje es el cálculo de los hidrógrafos del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río. (Villon, 2002).

Para la modelación hidrológica se tomaron en cuenta los afluentes permanentes del Río Gila, conformados por las Quebradas: Tierra Fría, Los Salitres, San Francisco, Los Ingenios, El Cerro o Río Negro, Motagua, El Prado y Platanares.

Para la Modelación Hidrológica con HEC-HMS se requiere de una serie de pasos para finalmente obtener los caudales máximos y son los siguientes:

1. Modelo de la cuenca el cual contiene parámetros y datos conectados para elementos hidrológicos.

2. Modelo meteorológico para lo cual se requiere calcular la precipitación máxima, para ello se emplearon los datos meteorológicos de la estación La Entrada, que es la estación más cercana al área de estudio, análisis estadístico (Log Pearson tipo III), la tormenta de diseño.
3. Especificaciones de control donde se establece la hora de inicio y final de la simulación.

### 3.4.1.3 Modelo de la cuenca

Contiene parámetros y datos conectados para elementos hidrológicos de la Microcuenca del Río Gila. Los elementos son: subcuenca, tránsito de avenidas, uniones, reservorios, fuentes y derivaciones, en cada uno de ellos se asignan atributos y parámetros.

Los parámetros de entrada que requiere el modelo de la cuenca fueron calculados utilizando ArcView 3.3 y las extensiones *Basin 1*, *Spatial analysis*, *Hydrologic Modeling*, que son extensiones necesarias para el trazo automatizado de las microcuencas dentro del Río Gila, la elaboración de la cartografía base, el modelo de elevación digital, los drenajes principales y los tipos de suelo.

Los parámetros principales calculados fueron:

- Delimitación de las microcuencas dentro de la del Río Gila, con el fin de calcular su área de drenaje, y el cálculo de los parámetros siguientes.
- Cálculo de la pérdida inicial para lo cual hay que desarrollar una serie de cálculos adicionales como: cálculo del número de curva o CN (Anexo 2), tomando en cuenta las variables cobertura, tipo de suelo (profundidad, textura) y condición hidrológica (Anexo 5)
- Cálculo del tiempo de concentración a través de la ecuación de *Kirpich*:

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

A continuación se presenta en la figura 8, el modelo de la Microcuenca.

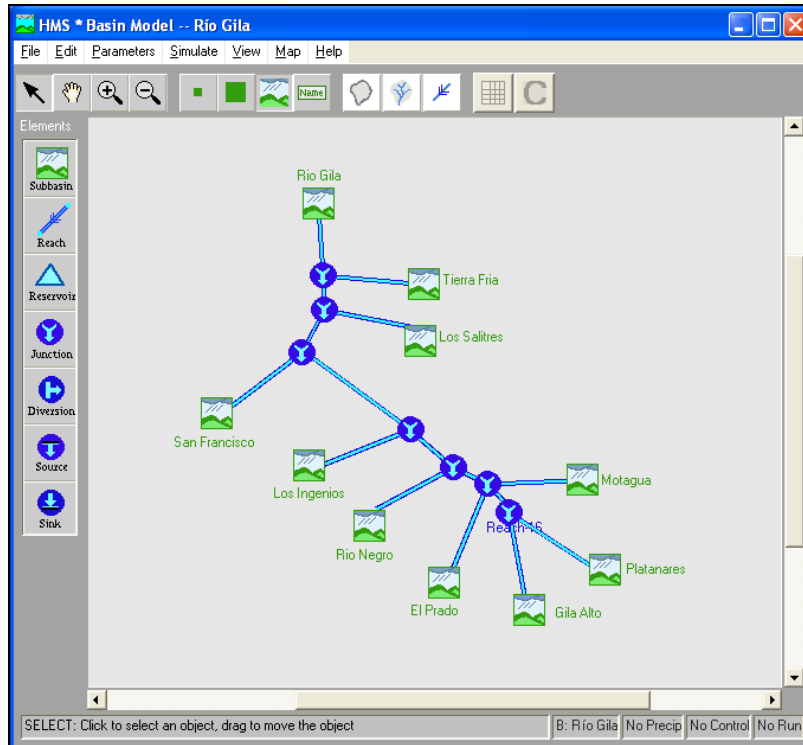


Figura 8. Modelo de la Microcuenca Río Gila.

La figura 9 muestra los parámetros que utiliza este modelo como son: la pérdida inicial (*Loss Rate*) y transformación de lluvia en escurrimiento (*Transform*).

Figura 9. Parámetros del modelo de la Microcuenca del Río Gila.

### 3.4.1.4 Modelo meteorológico

Es el componente de la modelación hidrológica donde se establecen los parámetros relacionados con los datos climatológicos de la zona y consiste de los siguientes pasos:

1. Análisis de datos meteorológicos, para este estudio se tomaron en cuenta los datos proporcionados por la estación meteorológica de La Entrada, Copán.
2. Análisis estadístico de la información para definir la precipitación máxima para lo cual se empleó la distribución Log Pearson Tipo III.
3. Definición de la tormenta de diseño para lo cual se utilizó el hietograma de la tormenta del Huracán Mitch, misma que ocurrió en octubre del año 1998 y que es el registro de dos días continuos de máxima lluvia en la zona.

A continuación se detallan cada uno de estos pasos.

### 3.4.1.5 Información meteorológica

La información meteorológica fue recopilada de la estación La Entrada, ubicada en la Latitud 15°04'55"y Longitud 88°44'00". Esta estación esta siendo manejada por la Dirección General de Recursos Hídricos de la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). El período de registro de la estación es de 32 años (1973-2004), y se seleccionaron las lluvias máximas anuales correspondientes a dos días continuos de lluvia, los que se presentan en el cuadro 43.

*Cuadro 43. Lluvia máxima del período de 1973-2004, Estación La Entrada, Copán.*

Año	Fecha	Lluvia 1 mm	Lluvia 2 mm	Total	Año	Fecha	Lluvia 1 mm	Lluvia 2 mm	Total
1973	13-14 agosto	22,0	29,2	51,2	1989	20-21 junio	20,5	41,9	62,4
1974	17-18 septiembre	39,5	72,1	111,6	1990	30-31 agosto	93,9	13,2	107,1
1975	6-7 septiembre	49,4	9,5	58,9	1991	14-15 mayo	25,3	38,4	63,7
1976	4-5 julio	79,3	31,2	110,5	1992	15-16 junio	40,5	72,9	113,4
1977	10-11 agosto	40,9	29,9	70,8	1993	26-27 junio	63,7	42,9	106,6
1978	20-21 junio	28,4	27,4	55,8	1994	14-15 septiembre	47,0	79,5	126,5
1979	20-21 agosto	40,6	19,8	60,4	1995	23-24 julio	51,3	30,5	81,8
1980	21-22 julio	46,4	42,1	88,5	1996	17-18 noviembre	37,1	64,8	101,9
1981	17-18 junio	18,5	87,7	106,2	1997	12-13 junio	40,6	50,8	91,4
1982	14-15 septiembre	26,4	55,2	81,6	1998	29-30 octubre	27,6	101,0	128,6
1983	8-9 junio	27,5	74,4	101,9	1999	19-20 agosto	60,7	13,0	73,7
1984	24-25 mayo	53,1	52,1	105,2	2000	5-6 octubre	60,9	10,2	71,1
1985	10-11 junio	42,8	37,6	80,4	2001	22-23 agosto	16,4	74,5	90,9
1986	22-23 mayo	30,5	21,4	51,9	2002	5-6 julio	23,4	25,7	49,1
1987	20-21 junio	0,2	63,2	63,4	2003	28-29 mayo	55,5	55,5	111,0
1988	25-26 agosto	72,4	18,5	90,9	2004	21-22 agosto	66,6	8,8	75,4

### 3.4.1.5.1 Análisis estadístico.

Tomando en cuenta los datos de lluvia máxima en mm, suministrados por la estación de La Entrada, se procedió a realizar el análisis estadístico mediante la distribución de Log-Pearson III que, según Rivera (2002), es el método estadístico de distribución que más se utiliza para determinar la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo (cantidad de lluvia que provoca inundación).

El análisis de distribución Log Pearson III se realizó utilizando el programa para cálculos hidrológicos y estadísticos, HidroEsta, (Villón, 2004).

HidroEsta es un programa que permite evaluar si una serie de datos se ajusta a una de las distribuciones siguientes: normal, log-normal, gamma, Log Pearson tipo III, tanto con momentos ordinales como lineales. Si la serie de datos se ajusta a una distribución permite calcular por ejemplo caudales o precipitaciones de diseño, con un período de retorno dado o una determinada probabilidad de ocurrencia (Figura 10).

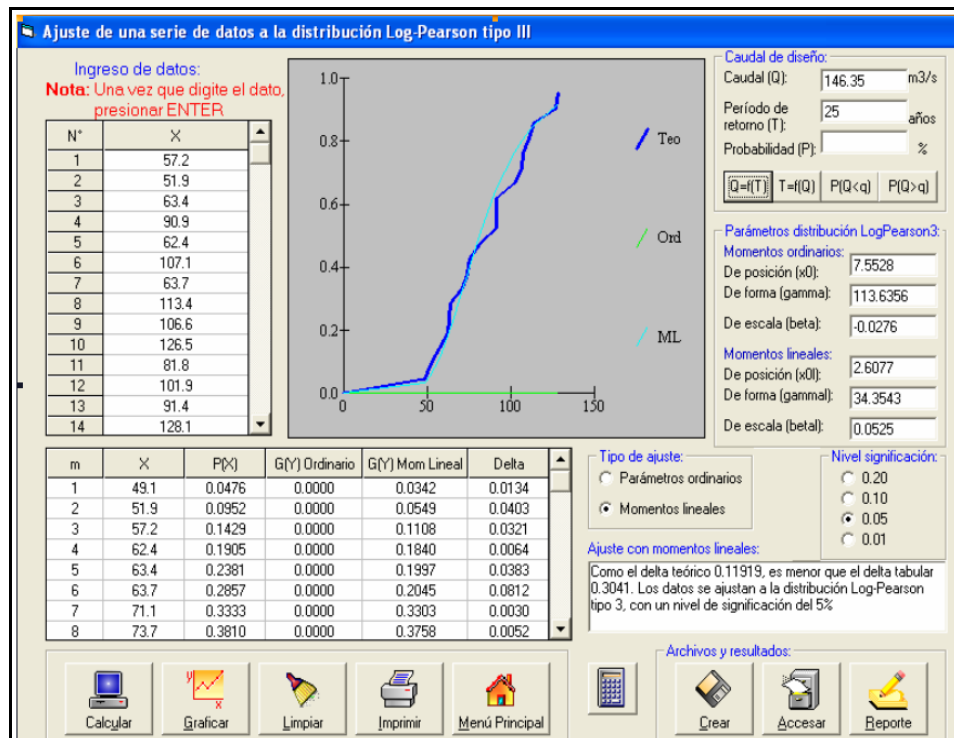


Figura 10. HidroEsta, Distribución Log-Pearson tipo III.

En este modelo meteorológico del Río Gila se incorpora la lámina de agua para la estación meteorológica de La Entrada, con base a un período de retorno. A manera de



ilustración, en la figura 11 se muestra el modelo meteorológico para una precipitación máxima encontrada según cálculo estadístico Log Pearson tipo III de 163,96 mm. Para un período de retorno de 50 años, el anexo 6 muestra las fórmulas empleadas por el programa para realizar los cálculos.

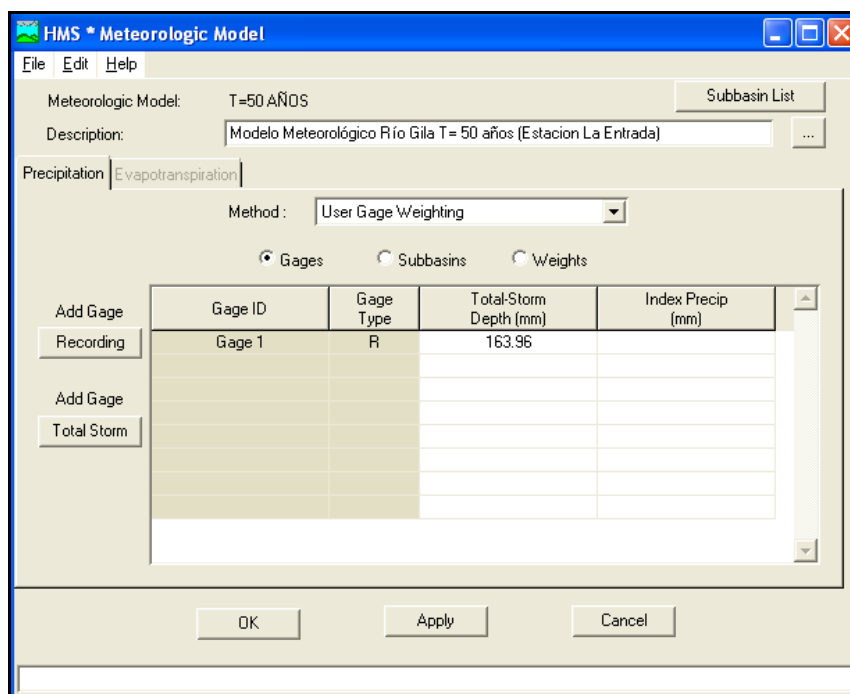


Figura 11. Modelo meteorológico para la Microcuenca del Río Gila.

#### 3.4.1.5.2 Tormenta de diseño

Es la distribución hipotética de la cantidad de lluvia precipitada en el tiempo. En el estudio de avenidas, representa la lluvia que genera un caudal extremo con determinado período de retorno. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto o mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta (Chow, 1994 citado por Rivera, 2002).

En el caso del Río Gila se tomó como tormenta de diseño el hietograma de la tormenta del Huracán Mitch. Los datos del hietograma se muestran en el anexo 1. La figura 12 muestra el hietograma producido por HEC-HMS para la tormenta del 29-30 de octubre de 1998 y registrada en la estación meteorológica de La Entrada, Copán.

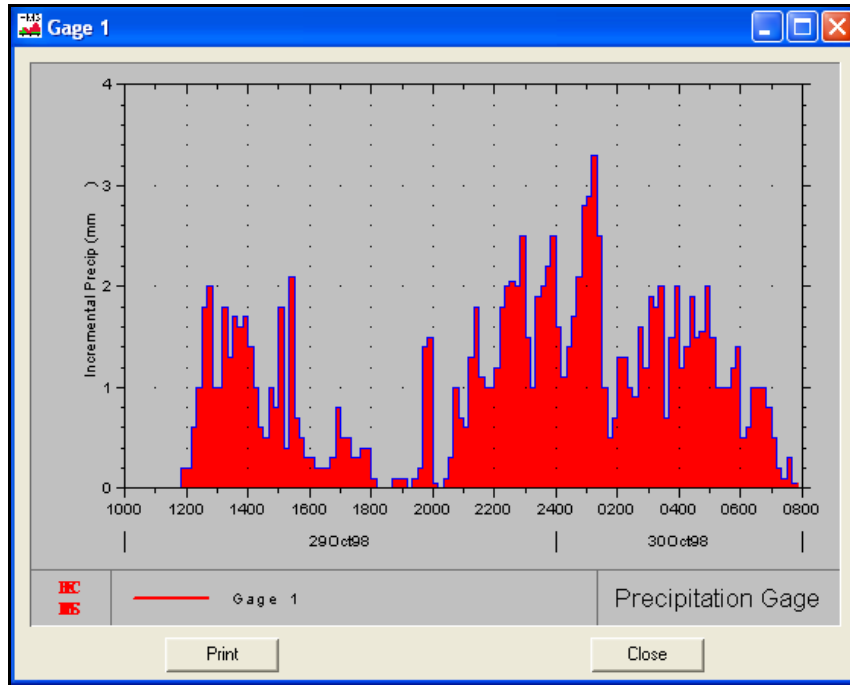


Figura 12. Representación gráfica del hietograma tormenta Mitch, Microcuenca del Río Gila.

### 3.4.1.6 Especificaciones de control

En este tercer conjunto de datos se incluye la fecha, la hora de inicio y fin de la simulación e intervalo de tiempo para el hidrograma de escurrimiento. En el caso de la simulación para el Río Gila se colocó como tiempo de control o simulación las siguientes fechas: inicio el 29 de octubre de 1998 hora 11:50 finalización el 30 de octubre de 1998 hora 11:50 am. 24 horas con intervalos de 10 minutos, tal como se muestra en la figura 13

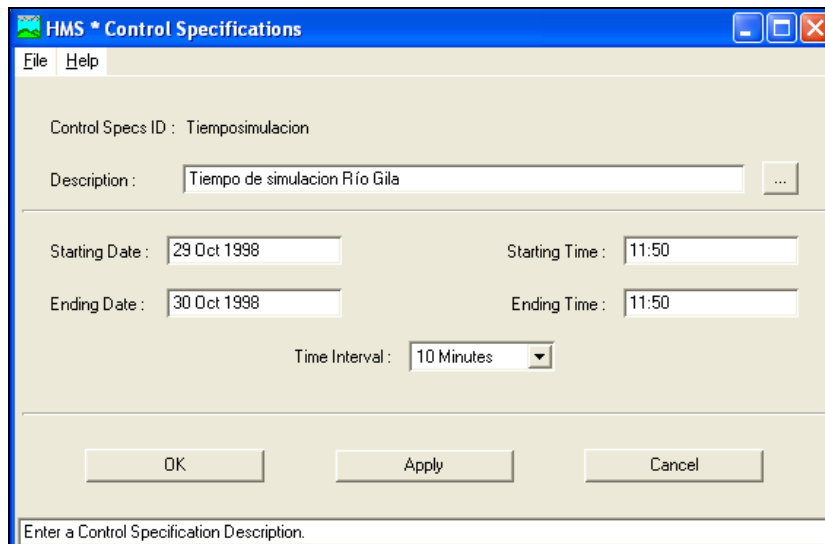


Figura 13. Tiempo de control o simulación

### **3.4.1.7 Modelación hidráulica**

La modelación hidráulica se desarrolló utilizando el modelo HEC-RAS y la extensión de ArcView Hec-GeoRas; dicha modelación consideró los principales afluentes de la Microcuenca del Río Gila, conformados por las siguientes Quebradas: Tierra Fría, Los Salitres, San Francisco, Los Ingenios, El Cerro o Río Negro, Motagua, El Prado y Platanares.

El procedimiento de modelación incluye los siguientes pasos:

- Trabajo previo en ArcView, que consistió en la elaboración, aplicando Hec-GeoRas, de una serie de ficheros que formaron parte del archivo de importación que fue procesado por HEC-RAS. Estos ficheros contienen información de las secciones transversales.
- Trabajo en HEC-RAS que consistió en procesar la información del fichero de importación de ArcView, completar información del índice de rugosidad “n” de Manning, introducir otras secciones transversales, computar datos de flujo, ejecutar el modelo y crear con los datos procesados por HEC-RAS el fichero de exportación que posteriormente fue leído por ArcView para definir las planicies de inundación.
- Trabajo final en ArcView que consistió en procesar el fichero de exportación de HEC-RAS y generar los resultados finales de superficie de inundación para la Microcuenca del Río Gila.

A continuación se describen en detalle cada una de estas etapas.

#### ***3.4.1.7.1 Trabajo previo en ArcView***

Esta etapa consistió en la creación de los temas requeridos (Ras Themes) para elaborar el fichero o archivo de importación (Ras Gis import file).

Para poder crear este fichero se utilizó la extensión Hec-GeoRas y un modelo de elevación digital en forma de TIN (Trianguled Irregular Network) mismo que fue creado a partir de las curvas a nivel cada 20 m (Figura 14), de este TIN se extrajeron los datos geométricos de las secciones transversales.

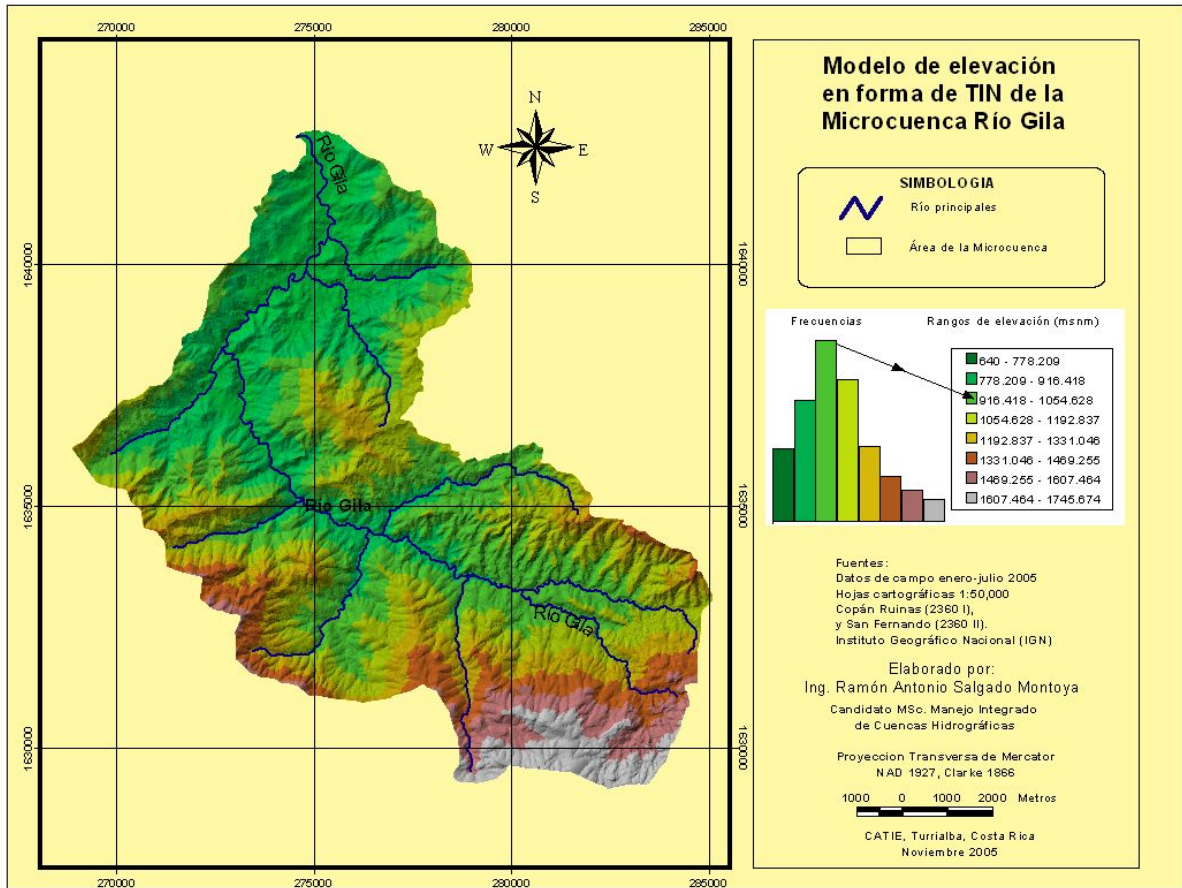


Figura 14. TIN de la Microcuenca del Río Gila.

### 3.4.1.7.2 Menús de Hec-GeoRas

Es una extensión de ArcView GIS y fue desarrollada a través de una investigación cooperativa entre el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) y el Instituto de Investigaciones de Sistemas Medioambientales por sus siglas en inglés (ESRI) (Rivera, 2002). Al cargar la extensión en ArcView aparecen tres menús nuevos y una serie de botones, los tres menús nuevos son: PreRas, PostRas y GeoRas-util, tal como se muestra en la figura 15.

El menú PreRas o preprocesamiento muestra una serie de pasos que están colocados en el orden recomendado y requerido de ejecución, tales como:

- Preparación de los temas en ArcView GIS.
- Generación de atributos adicionales y datos espaciales de tres dimensiones (3D).
- Con este menú se prepara el archivo de importación de ArcView para HEC-RAS.

El menú de PostRas o postprocesamiento, con este menú se trata la información procedente del archivo de exportación de HEC-RAS.

- Configuración del tema.
- Lee el archivo exportado de HEC-RAS.
- Generación del espejo de agua mediante el modelo de elevación en forma de TIN.
- Delineación de planicies de inundación.
- Generación del GRID de velocidad.

El menú GeoRas-util se utiliza para editar temas ya creados por ArcView

PreRas	PostRas	GeoRas-util
Create Stream Centerline	Theme Setup...	Create LU-Manning table
Create Banks	Read RAS GIS Export File	Flip Polyline
Create Flowpaths	WS TIN Generation	Check Tags
Create XS Cut Lines	Floodplain Delineation	Set Tag Values
Theme Setup...	Velocity TIN Generation	Remove Tag Entry
Centerline Completion	Velocity Grid Generation	
Lengths/Stations		
Centerline Topology		
Centerline Z Extract		
XS Attributing		
Stream/Reach Names		
Stationing		
Bank Stations		
Reach Lengths		
Manning's n values		
XS Elevations		
Generate RAS GIS Import File		
Header Export		
Centerline Export		
XS Export		

Figura 15. Menús de la extensión Hec-GeoRas.

### 3.4.1.7.3 Creación de los RAS THEMES

Este proceso consistió de la elaboración de los temas necesarios para poder definir la geometría de las secciones transversales.

Los Ras Themes creados fueron:

1. El Stream Centerline o la creación del eje S del río, para este tema se consideraron los principales afluentes del Río Gila.
2. Creación del tema que define los márgenes del río (Main Channel Banks) los bancos izquierdos y derechos del río.
3. Creación del tema que permite medir la distancia recorrida por el flujo en los márgenes (Flow path centerlines). Estas líneas definen el centro de masa del flujo que discurrirá por cada

margen. El corte de estas líneas con las secciones transversales definen los puntos entre los que se medirá automáticamente, siguiendo esa línea, la distancia entre secciones por las márgenes.

4. Definir secciones transversales en planta (Cross Section Cut Lines). Con las secciones definidas en esta paso se extrajeron los datos de la geometría de las secciones transversales a partir del TIN. Para la definición de este tema se deben de seguir las siguientes normas: no se pueden cortar dos secciones, las secciones cortan perpendicular al flujo, se digitalizan de izquierda a derecha y deben cortar las líneas de flujo (Flow Path Centerline). A manera de ilustración se presenta en la figura 16 la ubicación de cada tema.

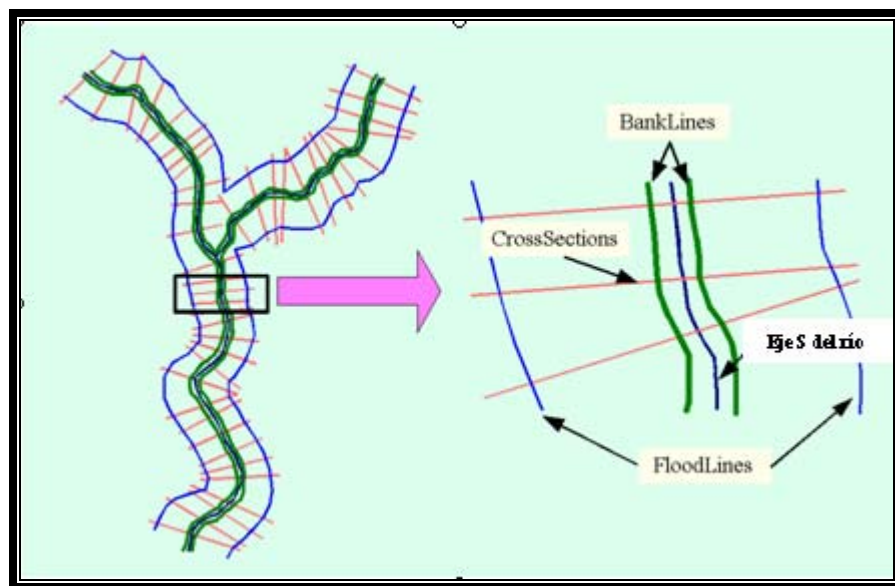


Figura 16. Identificación gráfica de los RAS-THEMES.

Fuente: Presentaciones power point curso de SIG, CATIE, 2005.

5. Procesado de la información de los temas creados, con este paso se añade información automáticamente a los “Ras Themes” y además se crearon otros similares pero en tres dimensiones (3D) los nuevos temas creados con este proceso son:

- Centerline completion crea un archivo en 3D a partir del eje “S” del río (Stream centerline) es decir, con una coordenada de cota.
- XS Atributing: añade una serie de campos a las secciones transversales.
- XS Elevation: crea un archivo 3D a partir de las secciones transversales es decir con una coordenada de cota.

6. Creación del archivo de importación de ArcView para HEC-RAS. Este proceso crea el archivo que fue leído por HEC-RAS para realizar la modelación de la inundación del Río Gila,

tomando en cuenta los caudales máximos de acuerdo a períodos de retorno, calculados previamente en HEC-HMS.

#### ***3.4.1.7.4 Trabajo con HEC-RAS***

HEC-RAS realiza análisis de sistemas de ríos (River Analysis System). Facilita el cálculo de perfiles del agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. El modelo requiere de valores de entrada de datos geométricos y caudales.

#### ***3.4.1.7.5 Datos geométricos***

Los datos geométricos básicos consisten en establecer la conectividad de sistema del río (sistema esquemático del río); los datos de la sección transversal, las longitudes del tramo, los coeficientes de pérdida de energía (pérdidas de fricción, contracción y pérdidas por expansión), la información de unión de ríos, datos de las estructuras hidráulicas (puentes, alcantarillas, vertederos y diques) (Rivera, 2002).

#### ***3.4.1.7.6 Sistema esquemático del río***

El sistema esquemático del río se requiere para cualquier dato geométrico puesto dentro del sistema de HEC-RAS. El sistema esquemático define cómo los varios tramos del río se conectan, estableciendo un nombramiento convencional para referenciar toda la información. El sistema esquemático del río es desarrollado dibujando y conectando los varios tramos del sistema dentro del editor de los datos geométricos. Se requiere desarrollar el sistema esquemático del río antes de que cualquier otra información pueda introducirse.

La conectividad de tramos es muy importante para que el modelo entienda cómo los cálculos deben proceder de un tramo al próximo. Se debe trazar cada tramo del río aguas arriba y aguas abajo, en lo que se considera que es la dirección de flujo positiva. La conexión de tramos se considera una unión. La unión sólo debe establecerse en las situaciones donde dos o más ríos se juntan o se bifurcan. No pueden establecerse uniones con un solo tramo que fluye en otro solo tramo (Rivera, 2002).

En la figura 17 se presenta el esquema del Río Gila y las secciones transversales y en la figura 18 se presenta una sección del Río Gila que muestra sus secciones transversales.

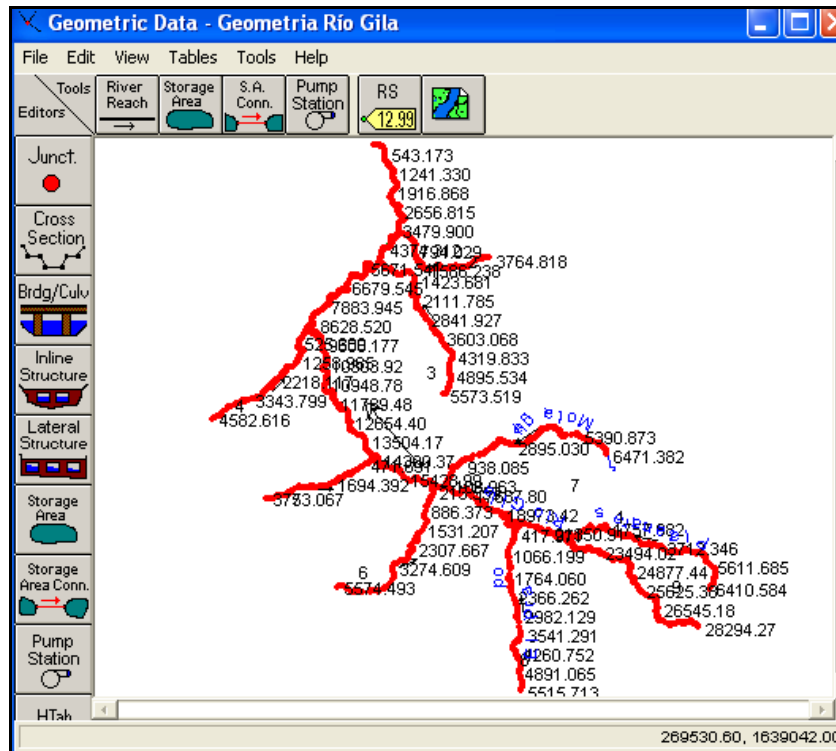


Figura 17. Geometría del Río Gila con secciones transversales.

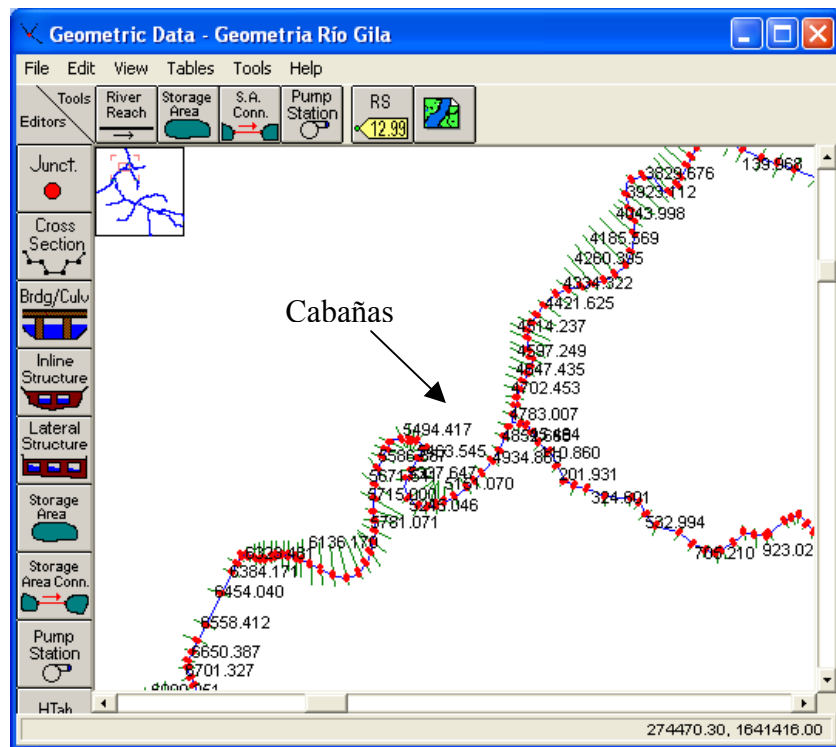


Figura 18. Secciones transversales del Río Gila en la comunidad de Cabañas.



### 3.4.1.7.7 Secciones transversales

El límite de la geometría para el análisis de flujo en ríos naturales se especifica en términos de perfiles de superficie de tierra (secciones transversales) y las distancias medidas entre ellas (longitudes del tramo). Las secciones transversales se localizan a intervalos a lo largo de un río para caracterizar la capacidad del flujo que lleva el río y su planicie de inundación adyacente. Ellas deben extenderse por toda la planicie de inundación y deben ser perpendiculares a las líneas del flujo (aproximadamente perpendicular a las líneas de contorno de tierra). Un esfuerzo debe hacerse para obtener secciones transversales que representen con precisión la geometría del río y la planicie de inundación (Rivera, 2002).

Las secciones transversales son requeridas en las localizaciones representativas a lo largo de un tramo del río y en las situaciones donde ocurren cambios en el caudal, pendiente, forma, o rugosidad, en la situación donde empiezan o acaban los diques, en puentes o estructuras de control. Donde ocurren los cambios abruptos, varias secciones transversales deben usarse para describir el cambio sin tener en cuenta la distancia. El espaciamiento de las secciones transversales es también una función del tamaño del río, pendiente, y la uniformidad de la forma de la sección transversal. En la figura 19 se muestra una sección transversal típica del Río Gila.

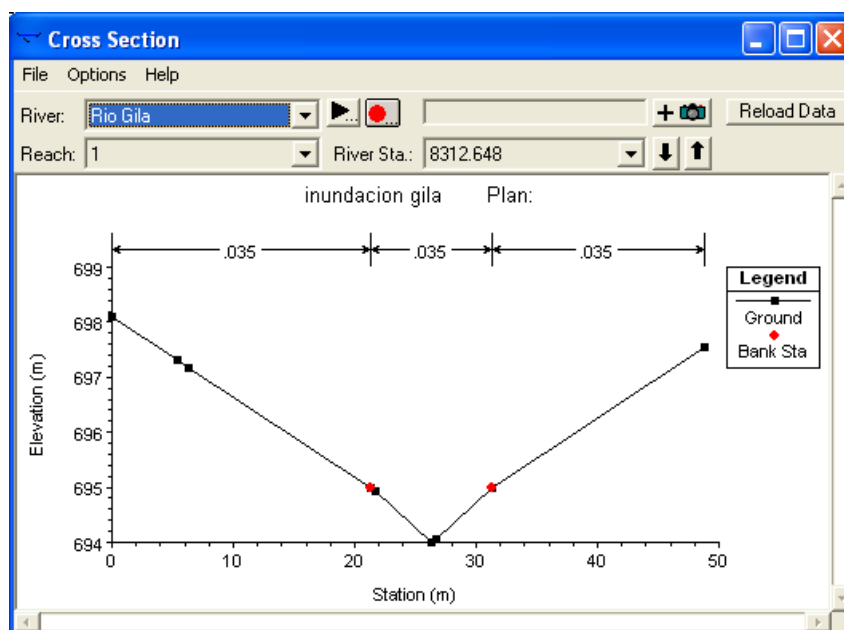


Figura 19. Perfil de una sección transversal.

### 3.4.1.7.8 Datos geométricos de las secciones transversales

La sección transversal es descrita introduciendo la estación y elevación (X–Y datos) de izquierda a derecha, en dirección aguas abajo. Los identificadores de estación del río pueden corresponder al estacionamiento a lo largo del cauce, en kilómetros, o cualquier otro sistema ficticio. El sistema numérico debe ser consistente, en el que el programa asume que los números más altos son los correspondientes a aguas arriba y los números más bajos son de aguas abajo (Rivera, 2002).

Otros datos que se requieren para cada sección transversal consisten de tramos largos aguas abajo, los coeficientes de rugosidad y expansión (Figura 20).

Station	Elevation
0	636.69
2	634.75
3	634.28
4	634
5	634.27
6	634.66
7	635.32
8	635.49
9	
10	

LOB	Channel	ROB
25.23	23.69	22.15

LOB	Channel	ROB
0.0035	0.0035	0.0035

Left Bank	Right Bank
14.81	24.82

Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 20. Datos geométricos de la sección transversal.

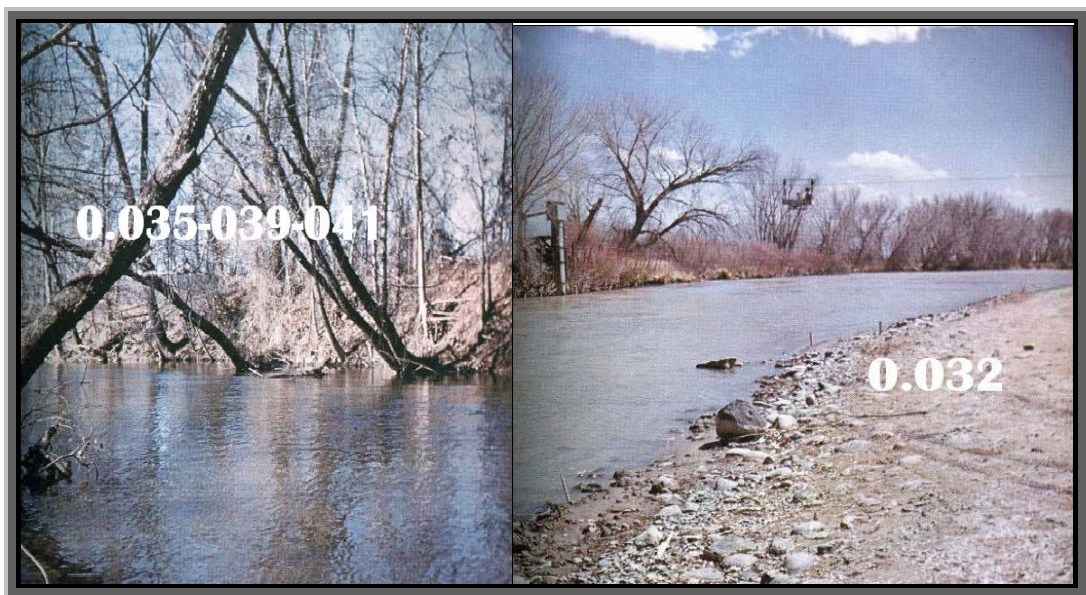
### 3.4.1.7.9 Definición del índice de rugosidad (“n” Manning)

La selección de un valor apropiado para valor de n de Manning es muy significativa en los perfiles de superficie de agua calculados. El valor de n de Manning es muy variable y depende de varios factores incluso rugosidad de la superficie, vegetación, las irregularidades y la alineación del cauce (Rivera, 2002).

Los valores “n” Manning se seleccionaron comparando una foto del sitio y fotografías de la presentación de coeficientes de rugosidad para usarse en Manning elaborada por Máximo Villón, del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Figura 21)

Se seleccionó un valor promedio de 0,035 como “n” Manning para los bancos izquierdos y derechos y también 0,035 para el cauce del río.

También se tomaron en cuenta los indicadores de valores de “n” Manning para cauces principales y planicies de inundaciones y ríos de montaña correspondientes a corrientes naturales, como se muestra en el anexo 3.



*Figura 21. Fotografías de la presentación de coeficiente “n” Manning*

*Fuente coeficiente de rugosidad para usarse en Manning Máximo Villón*



*Figura 22. Fotografía del cauce del Río Gila*

### 3.4.1.7.10 *Introducción de los caudales máximos*

La información de caudales se requiere para cada sección transversal para calcular el perfil de superficie de agua. Los datos de caudal son introducidos en el extremo aguas arriba de cada tramo. Al menos un valor de flujo debe introducirse para cada tramo en el sistema del río. El flujo puede cambiarse en cualquier sección transversal dentro de un tramo. Debe introducirse datos de caudal para el número total de perfiles que serán calculados.

El modelo HEC-RAS realiza el cálculo del perfil de la superficie del agua, en un análisis unidimensional, para flujo permanente, o sea, sólo para el caudal máximo, gradualmente variado en ríos. Los caudales máximos fueron calculados previamente con el modelo HEC-HMS. En la figura 23 se muestra la introducción del caudal máximo para un período de retorno de 2 años que corresponde a 100,77 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).

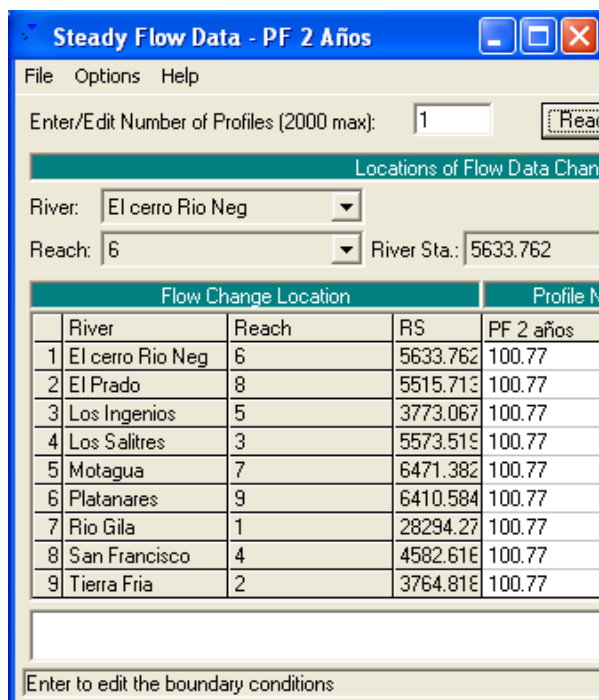


Figura 23. *Introducción de los caudales máximos*

### 3.4.1.7.11 *Introducción de la pendiente*

Para el cálculo de la pendiente se tomaron en cuenta los principales afluentes del Río Gila. La pendiente se calcula dividiendo la diferencia de desnivel topográfico de la rasante del canal (cota superior  $H_{min2}$  – cota inferior  $H_{min1}$ ) entre la longitud del tramo. Los datos para el cálculo de la pendiente se obtienen de la geometría del cauce generada en Hec-GeoRas. La

figura 24 muestra la introducción de la pendiente para cada uno de los cauces tomados en cuenta para el estudio.

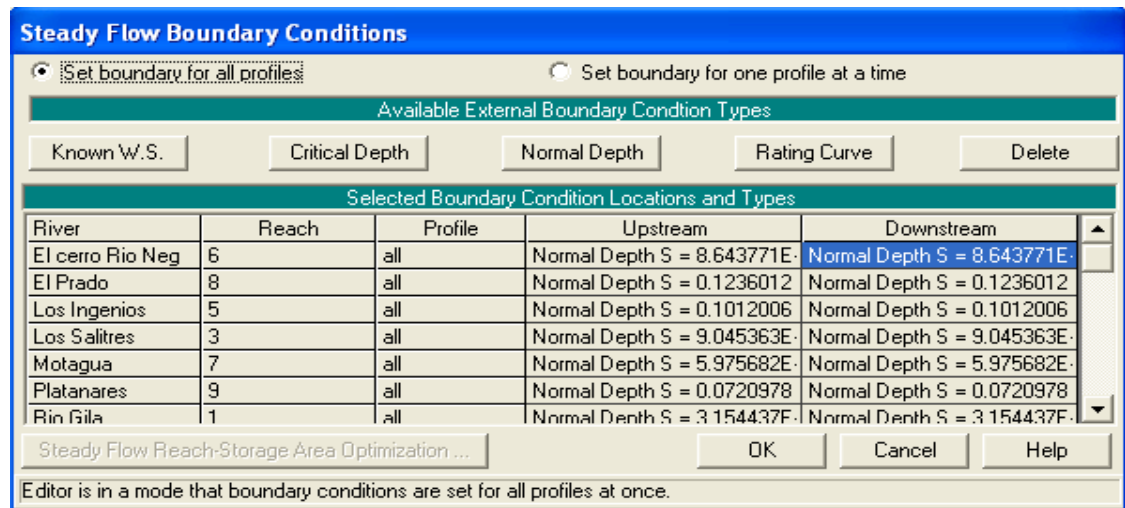


Figura 24. Introducción de la pendiente

### 3.4.1.7.12 Trabajo final en HEC-RAS

Una vez completada la introducción de la información antes descrita se procedió a realizar la corrida del modelo tomando en cuenta un análisis del tipo de flujo de supercrítico (montañas), el flujo supercrítico presenta valores  $>1$ . A continuación se crea el archivo de exportación que posteriormente fue leído en ArcView para generar los mapas de las zonas de inundación que corresponden a la Microcuenca del Río Gila

### 3.4.1.7.13 Trabajo final en ArcView

Consistió en leer el archivo de exportación creado por HEC-RAS para generar los mapas de las zonas de inundación del Río Gila. El análisis de la información proporcionada por HEC-RAS, se realizó utilizando el menú de Postproceso (PostRas) donde ArcView crea y lee del disco una serie de temas y los coloca en la vista, entre ellos el TIN, ficheros vectoriales (Bounding polygons), que corresponden a las superficies de ocupación de las secciones transversales y finalmente con la opción del menú PostRas-Floodplain delineation, se crean las zonas de inundación para cada perfil, es decir para cada caudal que se estableció en HEC-RAS.

### 3.4.2 Amenazas por deslizamientos

Los movimientos de ladera son fenómenos geológicos de evolución del relieve y figuran entre los procesos más frecuentes que afectan la superficie terrestre. Contrario a las erupciones volcánicas o los terremotos, estos procesos pueden ser provocados por la actuación humana (INETER, 2003)

Para el análisis de esta amenaza se tomaron en cuenta cuatro factores críticos que afectan de manera directa la vulnerabilidad a deslizamientos como son: la intensidad de uso del suelo, la cobertura vegetal, la pendiente y la precipitación. El análisis se basó también en el reconocimiento de campo y caracterización de los peligros derivados de terrenos inestables mediante el análisis geomorfológico, recurriendo al uso de mapas, fotos aéreas, ortofotos y corroboración en campo.

La espacialización de los cuatro factores se realizó al igual que la vulnerabilidad, para lo cual fue necesario definir los indicadores para cada factor crítico, clasificarlos de forma cualitativa y estableciéndoles una valoración. En los siguientes cuadros se muestra la ponderación y estandarización de cada indicador.

*Cuadro 44. Ponderación del factor tipo de cobertura.*

<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Valoración</b>
Cultivo anual	Muy alto	4
Pasto	Alto	3
Bosque	Muy bajo	0

*Cuadro 45. Ponderación del factor uso de suelo.*

<b>Intensidad del uso del suelo</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Valoración</b>
Sub-uso	Muy bajo	0
Uso adecuado	Bajo	1
Sobre uso	0-33 %	2
	33-66%	3
	> 66%	Muy alto

*Cuadro 46. Ponderación del factor pendiente.*

<b>Rangos de pendiente (%)</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Valoración</b>
>40	Muy alto	4
31-40	Alto	3
21-30	Medio	2
11-20	Bajo	1
0-10	Muy bajo	0

*Cuadro 47. Ponderación del factor precipitación*

<b>Precipitación</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Valoración</b>
> 1670	Muy alto	4
1620-1670	Alto	3
1560-1620	Medio	2
1510-1560	Bajo	1
< 1450	Muy bajo	0

*Cuadro 48. Estandarización de los indicadores*

<b>Precipitación</b>	<b>Criticidad</b>	<b>Valoración</b>
0-19,9	Muy alto	4
20-39,9	Alto	3
40-59,9	Medio	2
60-79,9	Bajo	1
80-100	Muy bajo	0

La sobreposición ponderada de los mapas de los factores críticos dio como resultado el mapa de amenaza a deslizamientos, la cual se hizo utilizando la siguiente fórmula.

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

a = Tipo de cobertura

b = Tipo de pendiente

c = Intensidad de uso del suelo

d = Precipitación

F = Peso relativo según su contribución al riesgo

La espacialización de los factores críticos se realizó utilizando ArcView 3.3 (extensión Spatial Analysis y Model Builder). Los mapas de cada indicador se convirtieron a temas GRID para finalmente, por sobreposición ponderada (Figura 25) obtener como resultado la amenaza por deslizamientos de la Microcuenca del Río Gila.

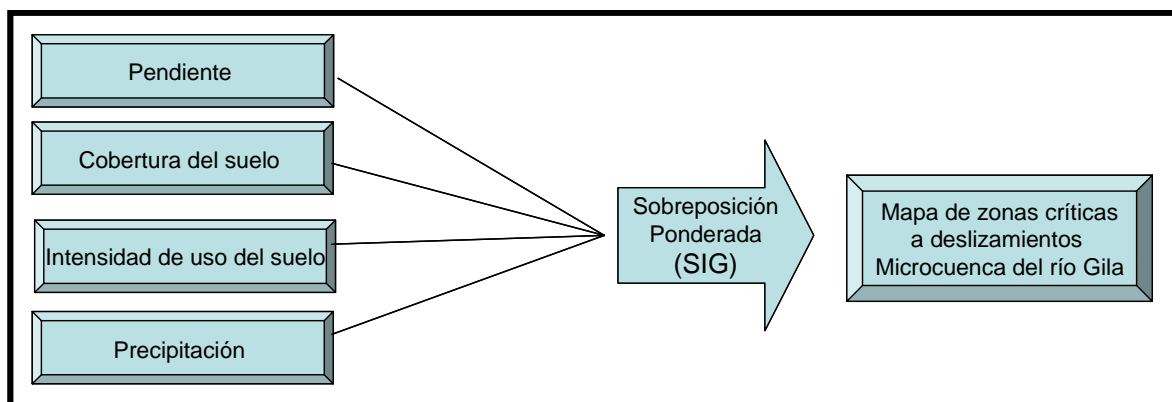


Figura 25. Sobreposición ponderada de los factores críticos a deslizamientos.

### 3.5 Metodología para el mapeo participativo (Objetivo 3)

Con el fin de detectar la problemática real relacionada con el tema de estudio y concretarlas en propuestas de acción ajustadas a necesidades sentidas, se desarrolló un proceso de investigación mediante el trabajo con colectivos, asociaciones, grupos de comunales y otros actores del municipio con sensibilidades o intereses comunes, lo cual facilitó la implicación ciudadana que favorece la creatividad social en beneficio de toda la comunidad local.

Para crear esas condiciones necesarias se aplica un procedimiento de investigación bajo el enfoque de la participación denominado *mapas comunitarios o participativos de riesgo*. Con este procedimiento se busca la elaboración de un conocimiento sobre el 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 un eje articulador básico.

El mapeo participativo constituyó una modalidad de registrar en forma gráfica y participativa, los diferentes componentes de un área de estudio, dando lugar a ubicarlos y describirlos en el espacio y en el tiempo, así como también documentar las percepciones que los pobladores tienen sobre el estado, su distribución y manejo.

El mapeo participativo se realizó a través de talleres que se desarrollaron en las comunidades. Los objetivos que se persiguen son: documentar la percepción sobre el manejo del espacio que tienen los habitantes de una comunidad, identificar y ubicar gráficamente los recursos comunitarios y su descripción por parte de los pobladores locales, facilitar la



recolección ordenada de información comunitaria, hacer un inventario de infraestructura básica y servicios a nivel de la comunidad, documentar parámetros que servirán para la realización de evaluaciones de impacto futuras y levantar información censal en forma rápida.

Los talleres se desarrollaron con el apoyo de los informantes clave de la comunidad ya que son personas que cuentan con un amplio conocimiento acerca del área de estudio; ejemplo de los mismos son: funcionarios, profesionales, líderes y dirigentes de organizaciones populares y comunicadores informales de base social, entre otros. La experiencia de estas personas fue muy valiosa tanto en los primeros pasos de la investigación, para efectuar una primera aproximación al área de estudio, como en las etapas posteriores de trabajo de campo y será muy importante en la parte final de la investigación que corresponde a la socialización de los resultados y puesta en marcha de las acciones propuestas.

Los actores clave, después de una explicación de la propuesta de investigación orientada a la gestión de riesgo, identificaron las principales amenazas a las cuales las comunidades están expuestas (deslizamientos e inundaciones) y dibujaron los detalles de su comunidad como caminos o carreteras principales que atraviesan la comunidad, indicaron hacia donde se dirigen las diferentes vías de comunicación, ubicaron los ríos y demás fuentes de agua existentes, así como otros puntos de referencia como, edificios públicos, campos deportivos, sitios de interés turístico o comercial, las viviendas y acueductos, así como identificaron aquellas zonas que desde el punto de vista de los desastres naturales son importante destacar como lugares de deslizamientos potenciales, sitios históricos de deslizamientos, sitios de inundaciones, etc. De esta manera se crean los mapas comunitarios de riesgo de cada una de las comunidades dentro de la Microcuenca del Río Gila.

La información recolectada de esta manera por los pobladores y agentes externos, que participan en el ejercicio, resulta ser de actualidad. La misma fue confrontada con la realidad, para afinar detalles dudosos, a través de una corroboración rápida sobre el terreno.

### **3.6 Metodología para la gestión del riesgo (Objetivo 4).**

Finalmente y con la colaboración de actores locales clave que han participado en todo el proceso, se validaron los resultados obtenidos y se programaron las acciones necesarias para reducir la vulnerabilidad, definiendo lineamientos de gestión de riesgo para su implementación.

Los lineamientos de gestión de riesgo abarcan acciones y actividades que van desde el ámbito educativo, de organización civil, de participación comunitaria y gubernamental, mejoramiento de uso de las tierras de acuerdo a su capacidad, divulgación de información, mecanismos de alerta temprana, manejo integrado de cuencas hidrográficas, entre otras, así como construcción de infraestructura, acondicionamiento de sitios como albergues en casos de contingencia incluso en casos determinados, reubicación de la población.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación de la vulnerabilidad global

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad global de la Microcuenca del Río Gila, tanto para deslizamientos como inundaciones. Para este análisis se tomaron en cuenta las comunidades que están dentro del área de la Microcuenca, mismas que en su mayoría conforman el Municipio de Cabañas.

Según el INE (Instituto Nacional de Censo y Estadísticas) el municipio de Cabañas consta de 21 comunidades, sin embargo en la actualidad algunas de estas comunidades se han dividido lo que ha dado lugar a más comunidades. Hoy en día existen 30 comunidades que son reconocidas por la corporación municipal de Cabañas. Para efectos de este estudio se tomaron en cuenta las comunidades según el INE, ya que las comunidades que se han formado últimamente comparten un área en común. Para este caso, según el INE, existe una comunidad denominada Las Peñas, en la actualidad según la corporación municipal existe Las Peñas I y Las Peñas II, lo mismo sucede con la comunidad de Las Juntas (hay Las Juntas I y Las Juntas II) así mismo sucede con la comunidad de La Unión (La Unión I y La Unión II).

Las comunidades evaluadas fueron las siguientes: Cabañas, El Llano, Mirasolito de la Esperanza, Pinalito, Barbasqueadero, Pueblo Viejo, Lomas de La Esperanza, Miramar, Las Peñas, San José de Miramar, Mirasolito de Río Negro, Motagua, Río Negro, Ingenios, Platanares, Las Juntas, Descombros, Guarumal, La Unión de San Juan, El Guayabo y La Cumbre de San Juan. En el cuadro 49 se muestra la información general de las comunidades tomadas en cuenta para la evaluación de la vulnerabilidad global de la Microcuenca del Río Gila. La figura 26, muestra el mapa del área de las comunidades en estudio.

Cabe destacar que las comunidades forman parte del municipio de Cabañas y que se encuentran dentro de la microcuenca en estudio. Además, de las comunidades antes mencionadas, también se tomó en cuenta un área de aproximadamente 20,4 km<sup>2</sup> donde no se encuentran casas pero que forma parte de la microcuenca en estudio y que para efectos de análisis únicamente se tomó en cuenta la vulnerabilidad ecológica.

*Cuadro 49. Información general de las comunidades evaluadas de la Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre comunidad</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Población total</b>	<b>Densidad (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Índice poblacional</b>
Cabañas	12,16	1769	145,50	0,82
El Llano	2,48	335	135,06	0,76
Mirasolito de La Esperanza	6,20	351	56,59	0,32
Pinalito	8,24	412	50,03	0,28
Barbasqueadero	0,93	166	178,01	1,00
Pueblo Viejo	5,89	472	80,11	0,45
Lomas de La Esperanza	5,49	373	67,97	0,38
Miramar	3,85	306	79,47	0,45
Las Peñas No.1 y No.2	10,00	681	68,07	0,38
San José de Miramar	2,61	218	83,63	0,47
Mirasolito de Río Negro	3,58	234	65,32	0,37
Motagua	7,25	229	31,57	0,18
Río Negro	6,27	693	110,54	0,62
Ingenios	3,24	270	83,25	0,47
Platanares	2,02	102	50,50	0,28
Las Juntas No.1 y No.2	4,99	486	97,47	0,55
Descombros	10,15	659	64,93	0,36
Guarumal	3,54	356	100,57	0,57
La Unión de San Juan	3,21	272	84,84	0,48
El Guayabo	16,70	406	24,30	0,14
La Cumbre de San Juan	9,20	844	91,71	0,52
Área sin Comunidades	20,42	0	0,00	0,00

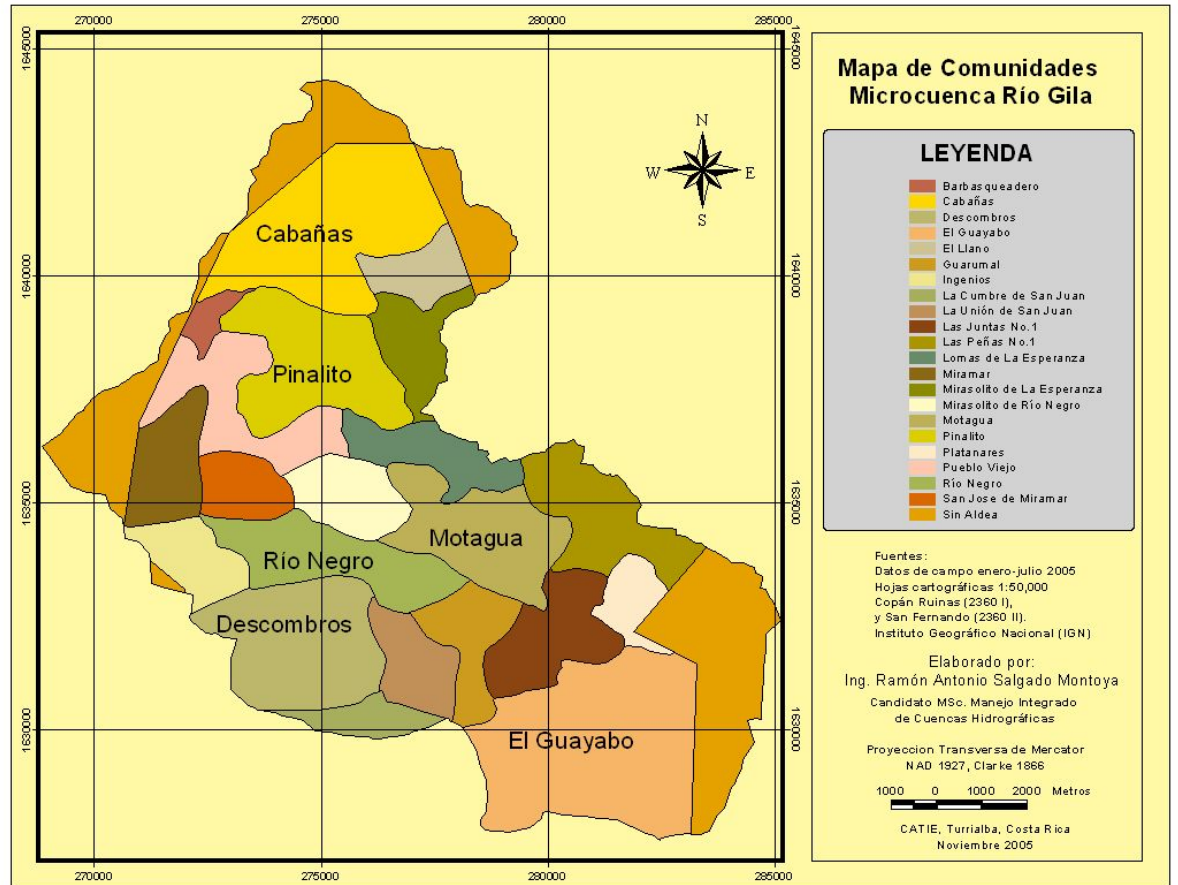


Figura 26. Mapa de comunidades para la evaluación de la vulnerabilidad global

## 4.2 Vulnerabilidad a deslizamientos

### 4.2.1 Vulnerabilidad física

Este tipo de vulnerabilidad está referida directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dichos riesgos. Las variables consideradas en este tipo de vulnerabilidad fueron:

- **Asentamientos humanos ubicados en laderas (V1):** este indicador es determinante para conocer la vulnerabilidad ante la que se encuentran los habitantes de una comunidad, es por ello que se toman en cuenta en este aspecto las viviendas ubicadas en laderas, ya que estas son las zonas donde se producen mayormente flujos de lodo o deslizamientos (Figura 27).

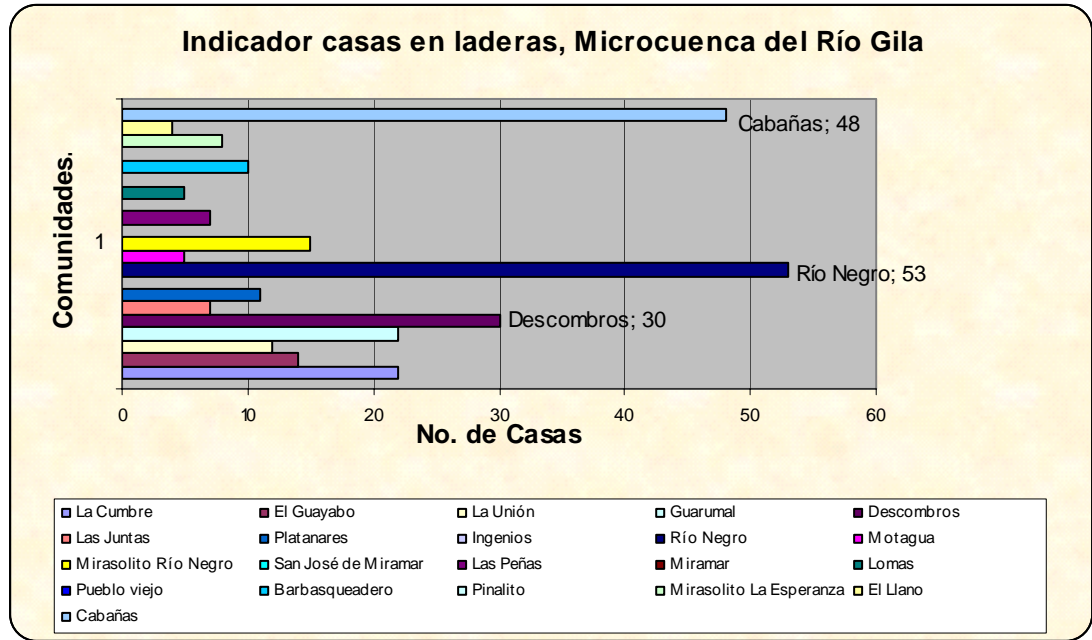


Figura 27. Representación gráfica del indicador casas en ladera, en la Microcuenca del Río Gila

La figura anterior muestra la representación gráfica para este indicador, destacándose que las comunidades que presentan un mayor número de viviendas ubicadas en ladera y por ende presentan una vulnerabilidad muy alta en relación a este indicador son: Cabañas con 48 casas, Río Negro con 53 casas y Descombros con 30 casas. Las comunidades que presentan una vulnerabilidad muy baja y baja de acuerdo a este indicador son El Llano, Pinalito, Pueblo Viejo e Ingenios (Anexo 7).

- Asentamientos humanos en ribera de ríos (V2).** Los asentamientos humanos en las planicies de inundación determinan un alto riesgo tanto para las personas que las habitan como para la infraestructura que en ella se construye. Los asentamientos humanos disminuyen la capacidad hidráulica de los ríos y por ende se constituyen en obstáculo para el drenaje natural de ríos y quebradas. De acuerdo a los resultados obtenidos para este indicador, de las 21 comunidades que existen dentro de la microcuenca, únicamente 6 de ellas presentan una vulnerabilidad muy alta de acuerdo a este indicador, lo que indica la existencia de casa ubicadas en las ribera de los río, estas comunidades son: Cabañas (108), Río Negro (40), Platanares (8), Las Juntas (16), Descombros (45) y El Guayabo (37) (Figura 28)

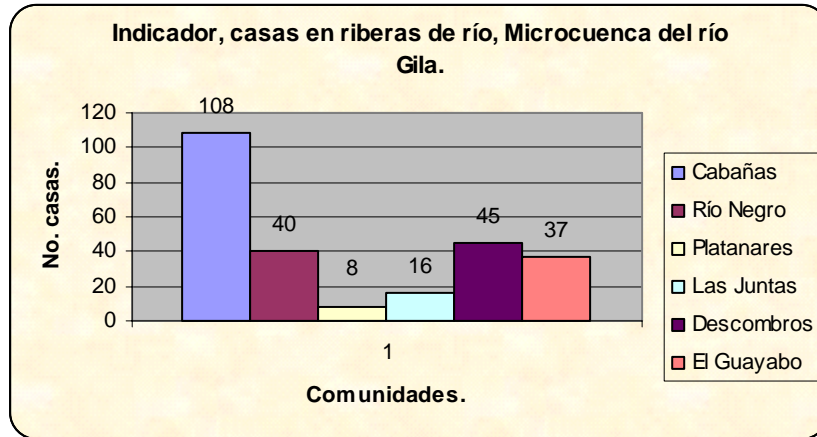


Figura 28. Representación gráfica de indicador asentamientos humanos en ribera de ríos.

- **Variable resistencia de las viviendas (V3).** Esta variable es de mucho interés para la estimación de la vulnerabilidad, el material del cual están construidas las viviendas son un factor determinante en la ocurrencia de desastres; las viviendas construidas con materiales menos resistentes son más vulnerables a sufrir daños. De acuerdo a los resultados obtenidos para este indicador, los tipos de materiales más utilizados en la microcuenca para la construcción son: ladrillo, bloque, adobe, madera y bahareque (Figura 29).

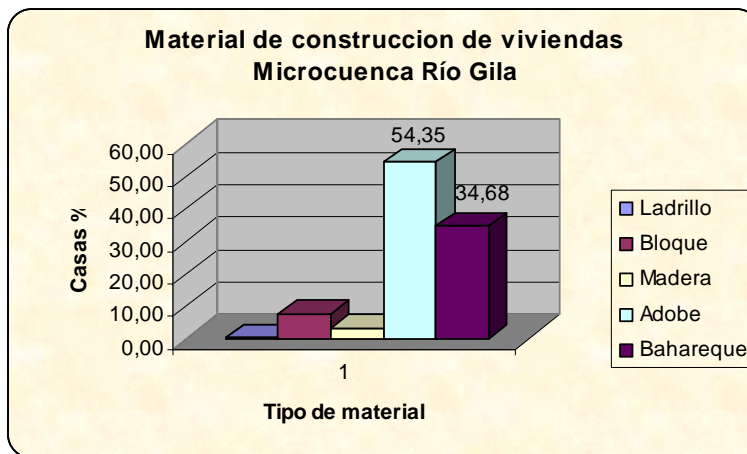


Figura 29. Viviendas según el tipo de construcción

La figura anterior destaca que de los cinco tipos de materiales, los más utilizados por los pobladores para la construcción de sus viviendas son: adobe que representa el 54,35% del total de viviendas de la microcuenca, seguido por el bahareque que representa el 34,68% del total de viviendas de la microcuenca. En el anexo 9 se presenta un cuadro que indica el

número de viviendas de acuerdo al tipo de material de construcción por cada comunidad. Las comunidades que presentan una vulnerabilidad muy alta de acuerdo a este tipo de indicador y tomando en cuenta los cinco tipos de material de construcción son las comunidades de: Pinalito y El Guayabo. Las comunidades que presentan una vulnerabilidad media de acuerdo a este indicador son: Cabañas, Pueblo Viejo y El Llano.

A manera de ilustrar de forma gráfica las comunidades y la cantidad de casas construidas de acuerdo a los materiales más empleados en la construcción de las viviendas de la Microcuenca del Río Gila (adobe y bahareque) se presentan las figuras 30 y 31.

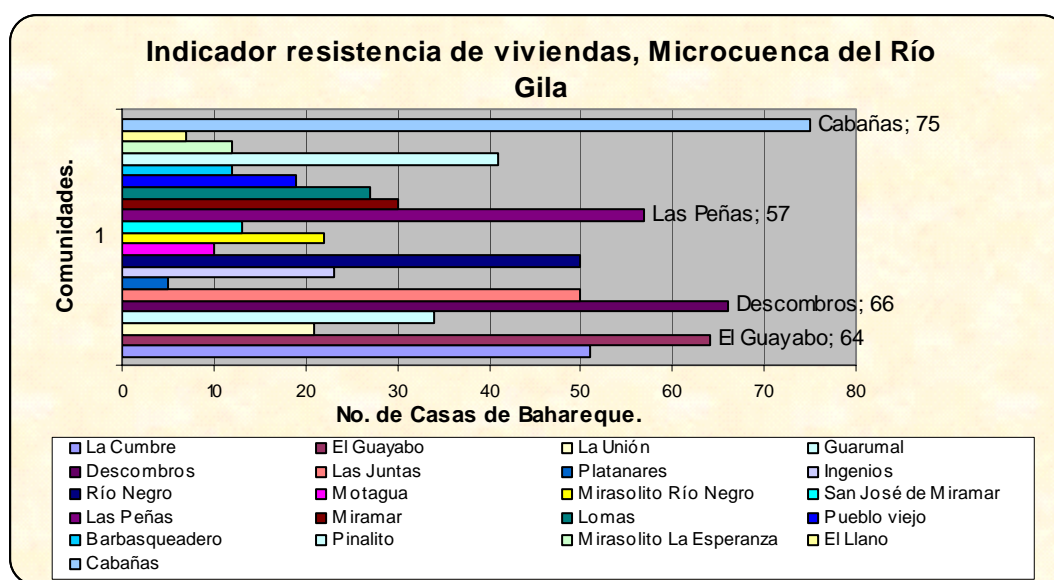


Figura 30. Viviendas construidas de bahareque por comunidad en la Microcuenca del Río Gila.

En el caso de las viviendas construidas con bahareque (Figura 30), las comunidades que presentan una mayor cantidad de viviendas con este tipo de material son: Cabañas (75 casas), seguido por las comunidades de Descombros (66 casas), El Guayabo (64 casas) y Las Peñas (57 casas). Las comunidades que presentan menor número de viviendas con este tipo de material son El Llano (7 casas) y Platanares (5 casas).



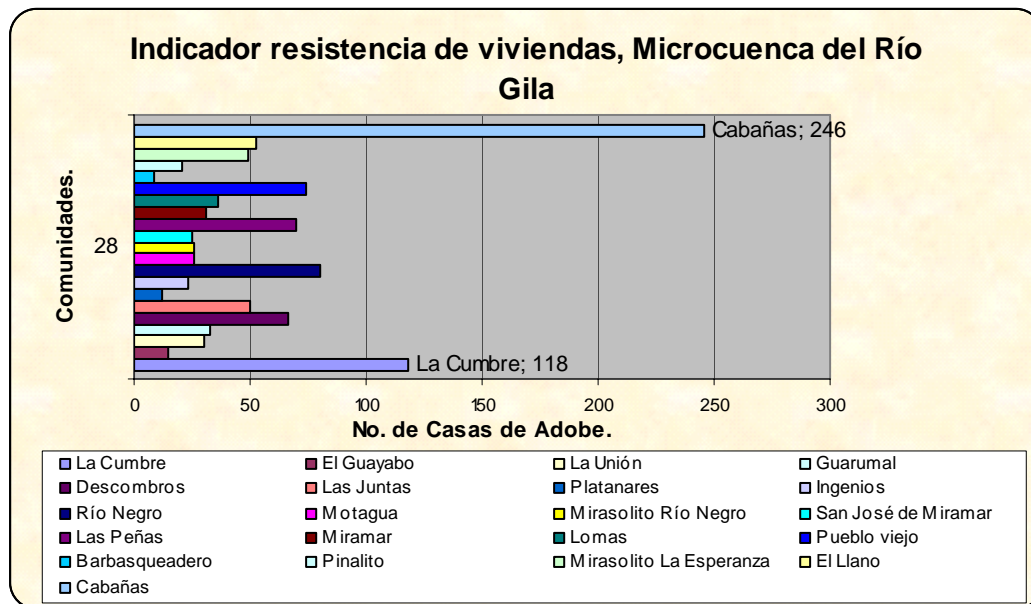


Figura 31. Viviendas construidas de adobe por comunidad en la Microcuenca del Río Gila.

En el caso de las viviendas construidas con adobe (Figura 31), las comunidades que presentan una mayor cantidad de viviendas con este tipo de material son: Cabañas (246 casas), seguido por las comunidades de La Cumbre (118 casas). Las comunidades que presentan menor número de viviendas con este tipo de material son: Barbasqueadero (5 casas) y Platanares (12 casas). Más detalles de las demás comunidades pueden ser vistos en el anexo 9.

- **Infraestructura destinada a emergencia (V4).** En este indicador se establece la existencia de albergues. En el área de estudio no existen locales propiamente para albergue estos, en algunos casos, están formados por escuelas y salones comunales por lo que se establece que el 100% de la población no cuenta con acceso a albergues en caso de desastre.
- **Accesibilidad a la comunidad (V5).** Este es un aspecto importante principalmente por lo que a ayuda de emergencia se refiere. El municipio solo cuenta con carretera de tierra la mayoría en malas condiciones es decir, que solo funcionan en verano y otros que solo tienen caminos de herradura como es el caso de la comunidad de Ingenios. De acuerdo a los resultados para este indicador, se determina que las comunidades que presentan una muy alta vulnerabilidad para este indicador son: Lomas de La Esperanza, Ingenios, El Guayabo y Las Peñas. Esto indica que estas comunidades en caso de una emergencia, la ayuda se vería limitada por el acceso a la zona, en cambio, las comunidades de Cabañas, Motagua y Río

Negro, presentan una vulnerabilidad baja para este indicador, lo que facilitaría las labores de rescate en una emergencia por desastres (Anexo 10).

El cuadro 50 se presenta un resumen de la vulnerabilidad física de la Microcuenca del Río Gila, destacando que las comunidades que presentan una vulnerabilidad entre muy alta y alta para este tipo de vulnerabilidad son: Platanares, Las Juntas, El Guayabo Cabañas y Barbasqueadero, entre otras. Esto implica que estas comunidades deben de tomarse como prioritarias al momento de un desastre en la zona. La figura 32 muestra un mapa de la espacialización de la vulnerabilidad física, destacando principalmente aquellas comunidades que presentan una vulnerabilidad entre muy alta y alta en la microcuenca.

*Cuadro 50. Resumen de la vulnerabilidad física a deslizamientos Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre de la comunidad</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>Calificación</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Cabañas	4	4	2,28	4,00	0,00	2,86	Alta
El Llano	0	0	2,27	4,00	0,00	1,25	Baja
Mirasolito de La Esperanza	0	0	2,34	4,00	4,00	2,07	Media
Pinalito	0	0	3,22	4,00	0,00	1,44	Baja
Barbasqueadero	4	0	2,89	4,00	3,00	2,78	Alta
Pueblo Viejo	0	0	2,36	4,00	3,00	1,87	Media
Lomas de La Esperanza	2	0	2,57	4,00	4,00	2,51	Alta
Miramar	0	0	2,90	4,00	3,00	1,98	Media
Las Peñas No.1 y No.2	3	0	2,81	4,00	4,00	2,76	Alta
San José de Miramar	0	0	2,65	4,00	2,00	1,73	Media
Mirasolito de Río Negro	4	0	2,94	4,00	0,00	2,19	Media
Motagua	2	2	2,40	4,00	0,00	2,08	Media
Río Negro	4	4	2,58	4,00	0,00	2,92	Alta
Ingenios	0	0	2,88	4,00	4,00	2,18	Media
Platanares	4	4	2,61	4,00	3,00	3,52	Muy alta
Las Juntas No.1 y No.2	3	4	3,00	4,00	2,00	3,20	Muy alta
Descombros	4	4	2,84	4,00	1,00	3,17	Alta
Guarumal	4	0	2,99	4,00	2,00	2,60	Alta
La Unión de San Juan	4	0	2,73	4,00	2,00	2,55	Alta
El Guayabo	4	4	3,28	4,00	4,00	3,86	Muy alta
La Cumbre de San Juan	4	0	2,54	4,00	1,00	2,31	Media
Área sin comunidades	0	0	0	0	0	0	Muy baja

V1=No. casas en ladera, V2= No. casas en riberas de ríos, V3= Resistencia de las viviendas, V4= Infraestructura destinada a emergencias y V5= Accesibilidad a la zona

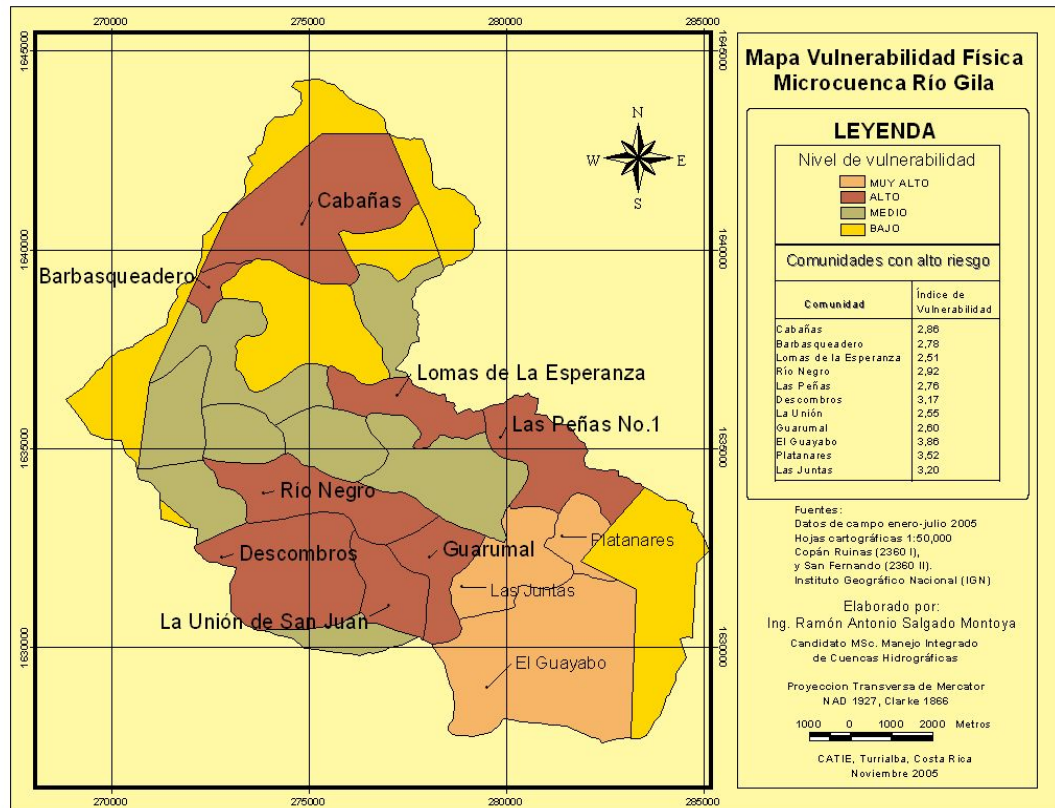


Figura 32. Mapa de la vulnerabilidad física Microcuenca del Río Gila.

#### 4.2.2 Vulnerabilidad social

Se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad; cuanto mejor y mayor se desarrollen las interrelaciones dentro de una comunidad, es decir sus miembros entre sí y a su vez con el conjunto social, menor será la vulnerabilidad presente en la misma. La diversificación y fortalecimiento de organizaciones de manera cuantitativa y cualitativa encargadas de representar los intereses del colectivo, pueden considerarse como un buen indicador de vulnerabilidad social, así como mitigadores de la misma.

Los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad son:

- **Organización comunal (V1).** Si existen organizaciones locales funcionales y legalmente constituidas en función de la prevención y mitigación ante desastres naturales y provocados por el hombre, existe la posibilidad de reducir la vulnerabilidad. De acuerdo con los resultados, este indicador fue calificado con un valor de 1, lo que indica una vulnerabilidad baja para todas las comunidades dentro del área de estudio, esto debido a que en las comunidades por lo menos habían entre tres o más organizaciones comunitarias que realizan

actividades en pro del desarrollo de la comunidad, ejemplo de estas organizaciones son: juntas de agua, patronatos, Consejos de Desarrollo Local (CODEL), entre otros.

- **Instituciones presentes en la zona (V2).** Representa el apoyo institucional que una comunidad tendrá en caso de emergencias, por lo que este indicador determinará la disponibilidad de los entes o instituciones con los cuales contar en caso de emergencias. Para el caso de la Microcuenca del Río Gila, este indicador fue valorado en función del número de instituciones que tienen presencia en cada comunidad. Comunidades como: Barbasqueadero, San José de Miramar y las Juntas, presentan una vulnerabilidad alta con base en este indicador, debido a que los informantes clave únicamente identifican a una institución que les brinda asistencia, en algunos de los casos, el aporte de las instituciones está orientado a la educación o a desarrollar proyectos de abastecimiento de agua. Las comunidades de Cabañas, Ingenios y Descombros se presentan una vulnerabilidad baja para este indicador, lo que indica que un mayor número de instituciones desarrollan actividades en el área de estas comunidades.
- **Acceso a medios de comunicación (V3).** Este indicador representa el grado de información que las comunidades reciben. Por lo general en la mayoría de las viviendas de las comunidades de la microcuenca cuentan con un radio, esto garantiza que los pobladores de la zona puedan estar informados del acontece nacional. Este indicador fue calificado como 1 lo que indica una vulnerabilidad baja para este indicador.
- **Población (V4).** Este indicador representa el índice de población<sup>2</sup> de cada comunidad y la densidad de habitantes por km<sup>2</sup>, la comunidad que presenta el mayor índice de población es Barbasqueadero, esto se debe principalmente a que es una de las comunidades más pobladas y más pequeña dentro de la microcuenca. La figura 33 muestra el índice de población para cada una de las comunidades de la microcuenca, destacando que las comunidades con un mayor índice de desarrollo son: Barbasqueadero (1,00), Cabañas (0,82), El Llano (0,76) y Río Negro (0,62). En el anexo 11 se muestra el cálculo del índice de población para cada una de las comunidades de la microcuenca.

---

<sup>2</sup> Índice de población Este se calculó dividiendo el valor de densidad de cada comunidad entre el valor de la comunidad con mayor densidad en la microcuenca, en este caso la comunidad de Barbasqueadero.



Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	Calificación	Vulnerabilidad
Lomas de La Esperanza	1	2	1	1	2	3	1,67	Media
Miramar	1	2	1	2	2	3	1,83	Media
Las Peñas No.1 y No.2	1	2	1	1	2	3	1,67	Media
San José de Miramar	1	3	1	2	2	3	2,00	Media
Mirasolito de Río Negro	1	2	1	1	2	3	1,67	Media
Motagua	1	2	1	0	2	3	1,50	Baja
Río Negro	1	2	1	3	2	3	2,00	Media
Ingenios	1	1	1	2	2	3	1,67	Media
Platanares	1	2	1	1	2	3	1,67	Media
Las Juntas No.1 y No.2	1	3	1	2	2	3	2,00	Media
Descombros	1	1	1	1	2	3	1,50	Baja
Guarumal	1	2	1	2	2	3	1,83	Media
La Unión de San Juan	1	2	1	2	2	3	1,83	Media
El Guayabo	1	4	1	0	2	3	1,83	Media
La Cumbre de San Juan	1	2	1	2	2	3	1,83	Media
Área sin comunidades	0	0	0	0	0	0	0,00	Baja

V1 Organización comunal, V2 Instituciones presentes en la zona,  
V3 Acceso a medios de comunicación, V4 Población,  
V5 Ubicación servicio de salud, V6 Tipo de servicio de salud

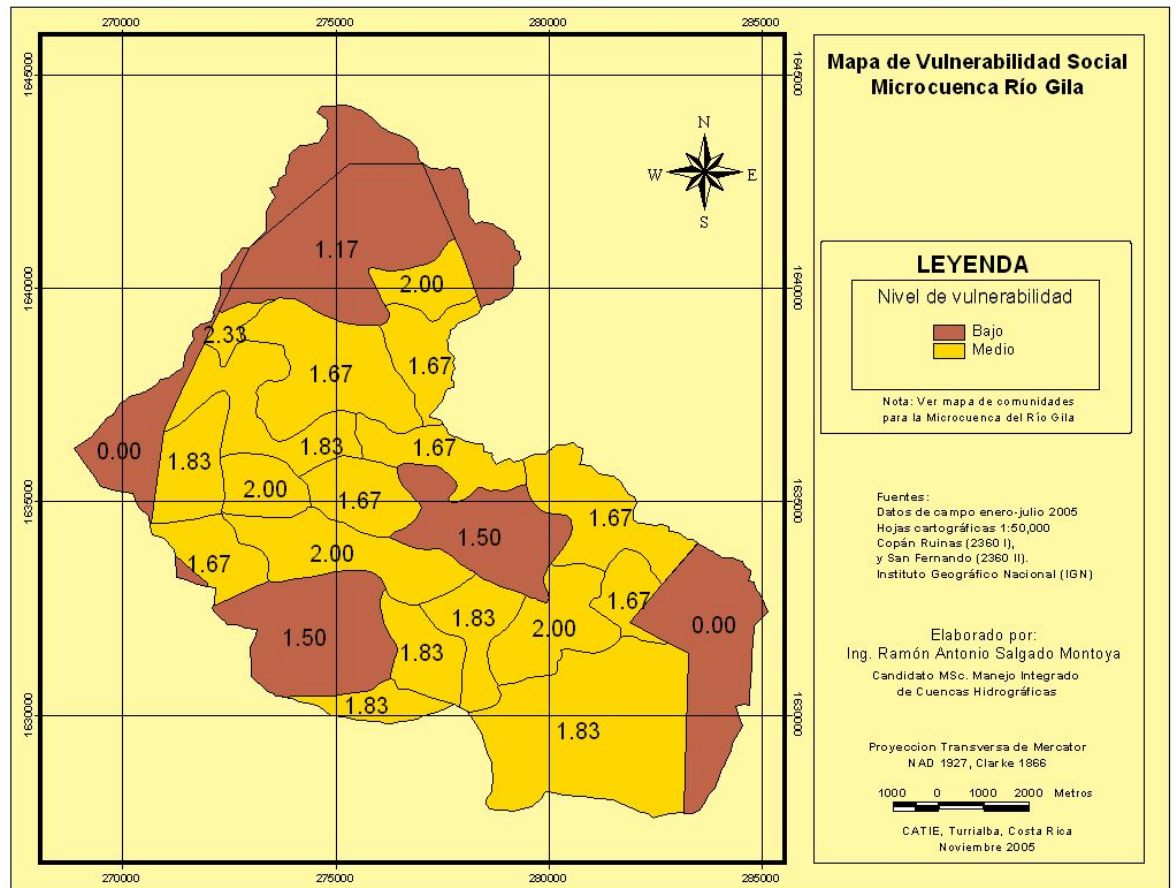


Figura 34. Mapa de la espacialización de la vulnerabilidad social Microcuenca del Río Gila

### 4.2.3 Vulnerabilidad ecológica.

Las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona la definen, esto es, cuanto mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica, los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fueron:

- **Erosión de suelos (V1).** El tipo de erosión que se encontró en la microcuenca es una erosión laminar con surcos moderados y erosión laminar con surcos ligeros.
- **Deforestación (V2).** La deforestación deja al suelo sin cobertura vegetal lo que provoca asociado con las lluvias pérdida de suelo y socavación de márgenes en los ríos. Esta variable se evaluó con base en el porcentaje de área deforestada en las comunidades. En general la microcuenca presenta un 49% de bosque y un 51% de área deforestada siendo utilizada para la agricultura y la ganadería (uso actual: agricultura y pasto). Entre las comunidades que presentan mayor deforestación en la microcuenca están: Cabañas, Barbasqueadero, Motagua, Lomas de la Esperanza y Guarumal, que son las que presentan porcentajes arriba del 20% de deforestación en su área. Las comunidades que presentan menor deforestación de su área son: El Llano, Mirasolito de La Esperanza y Miramar.
- **Agricultura Migratoria (V3).** Esta variable se evaluó con base en el porcentaje del área de la comunidad con prácticas de conservación de suelos, asignando un porcentaje muy alto (4) con base a la clasificación propuesta, ya que en la mayoría de las comunidades el uso de las obras de conservación de suelos es nula, determinando así la necesidad de utilizar prácticas agrícolas sostenibles que mantengan y/o mejoren la productividad del suelo.

*Cuadro 52. Resumen de la vulnerabilidad ecológica Microcuenca del Río Gila*

Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	Calificación	Vulnerabilidad
Cabañas	1	4	4	3,00	Alta
El Llano	0	0	4	1,33	Baja
Mirasolito de La Esperanza	0	2	4	2,00	Media
Pinalito	2	3	4	3,00	Alta
Barbasqueadero	1	4	4	3,00	Alta
Pueblo Viejo	1	4	4	3,00	Alta
Lomas de La Esperanza	1	4	4	3,00	Alta
Miramar	1	2	4	2,33	Media
Las Peñas No.1 y No.2	1	3	4	2,67	Alta
San José de Miramar	1	3	4	2,67	Alta
Mirasolito de Río Negro	1	4	4	3,00	Alta
Motagua	2	4	4	3,33	Alta



Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	Calificación	Vulnerabilidad
Río Negro	2	2	4	2,67	Alta
Ingenios	1	2	4	2,33	Media
Platanares	1	3	4	2,67	Alta
Las Juntas No,1 y No.2	1	3	4	2,67	Alta
Descombros	2	3	4	3,00	Alta
Guarumal	1	4	4	3,00	Alta
La Unión de San Juan	1	2	4	2,33	Media
El Guayabo	2	2	4	2,67	Alta
La Cumbre de San Juan	1	3	4	2,67	Alta
Área sin comunidades	1	3	4	2,67	Alta

Erosión de suelos (V1), Deforestación (V2), Agricultura Migratoria (V3):

El cuadro 52, muestra un resumen de la vulnerabilidad ecológica, destacando que la mayoría de las comunidades presentan porcentajes mayores o iguales al 20% de deforestación lo que las hace tener una vulnerabilidad alta. En la figura 35 se muestra la espacialización de la vulnerabilidad social, que muestra de una forma gráfica lo presentado en el cuadro anterior.

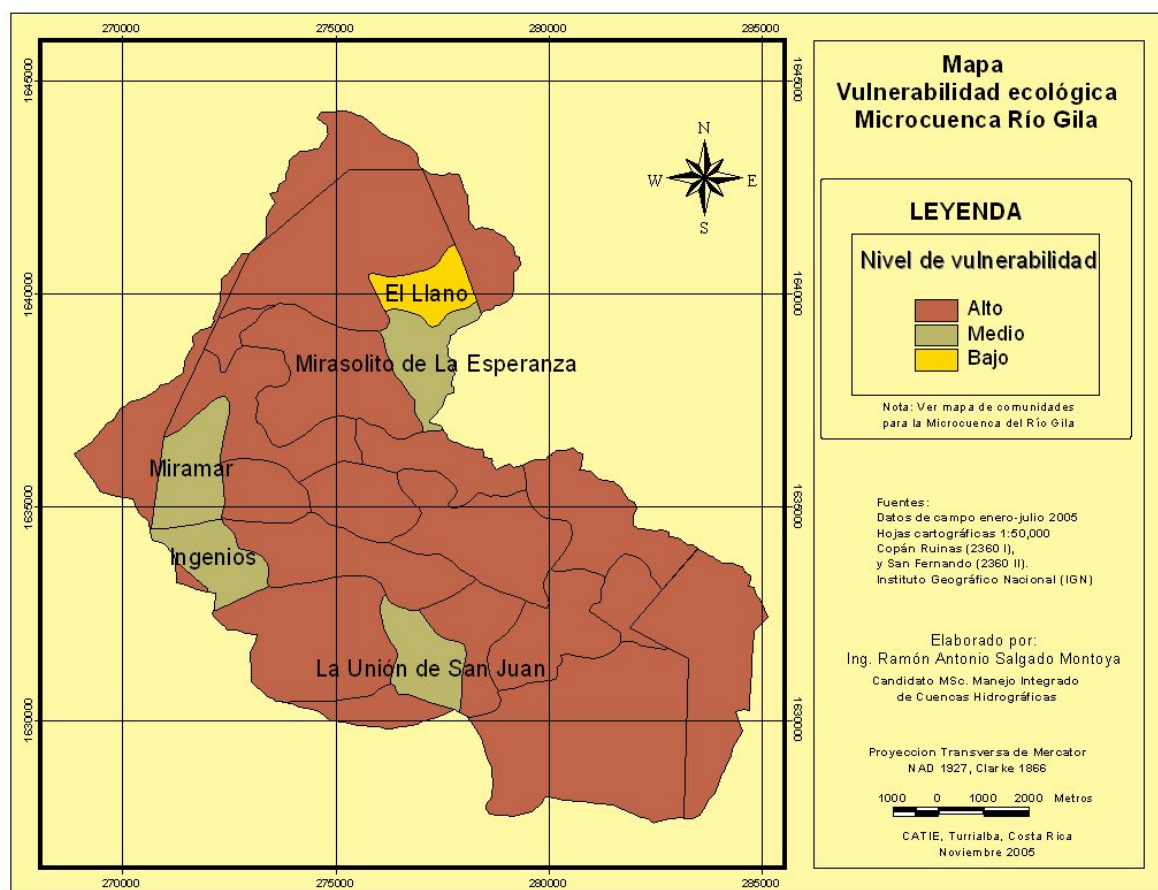


Figura 35. Mapa de la espacialización de la vulnerabilidad ecológica de la Microcuenca del Río Gila.



#### **4.2.4 Vulnerabilidad económica**

Este tipo de vulnerabilidad está dada directamente por los indicadores de desarrollo económico presentes en una población, pudiéndose incluso afirmar que cuanto más deprimido es un sector, mayor es la vulnerabilidad a la que se encuentra ante los desastres, los indicadores que se tomaron en cuenta en este tipo de vulnerabilidad son:

- **Capacidad económica (V1).** Este indicador se evaluó con base en el ingreso per cápita. Las familias dentro de las comunidades en la microcuenca, en su mayoría no presentan ingresos fijos mensuales y según la evaluación los ingresos, éstos son menores a 2.000 Lempiras/mes (\$ 105).
- **Dependencia económica (V2):** Este indicador se evaluó con base en el número de actividades productivas desarrolladas en las comunidades, de acuerdo a los resultados esta dependencia económica está basada principalmente al cultivo de maíz, frijoles hortalizas y café. Sin embargo estas actividades no son permanentes por lo que la dependencia económica se ve limitada por la época de cosecha. Este indicador está estrechamente relacionado con el indicador de **desempleo (V3)**, ya que esta dependencia económica contribuye a que un alto porcentaje de la población quede desempleada durante la mayor parte del año.
- **Acceso a servicios públicos (V4).** Según el Plan Estratégico para el municipio de Cabañas, el 81% de los hogares del municipio tienen necesidades básicas insatisfechas, de los cuales el 72% tiene dos o más necesidades básicas insatisfechas. Gran parte de las comunidades no tienen servicio de agua potable lo que afecta a una población aproximada de 3.467 habitantes. Posee servicio de alcantarillado sanitario, solamente el casco urbano, por lo que 6.638 personas aproximadamente viven en condiciones insalubres.

El cuadro 53 muestra un resumen de los resultados del análisis de los indicadores de la vulnerabilidad económica, mostrando que para la microcuenca esta vulnerabilidad es muy alta, y que se expresa a través del desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral, dificultades en las comunidades por el acceso a servicios públicos básicos (educación, salud), aparece claro, entonces, que la forma de mitigar esa vulnerabilidad es mediante la diversificación de la economía local, mediante el desarrollo de actividades productivas paralelas que le garanticen a la comunidad mayores ingresos.

*Cuadro 53. Resumen de la vulnerabilidad económica Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre de la comunidad</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>Calificación</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Cabañas	4	4	2	3	3,25	Muy alta
El Llano	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Mirasolito de La Esperanza	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Pinalito	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Barbasqueadero	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Pueblo Viejo	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Lomas de La Esperanza	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Miramar	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Las Peñas No.1 y No.2	4	4	2	3	3,25	Muy alta
San José de Miramar	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Mirasolito de Río Negro	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Motagua	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Río Negro	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Ingenios	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Platanares	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Las Juntas No.1 y No.2	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Descombros	4	4	2	3	3,25	Muy alta
Guarumal	4	4	2	3	3,25	Muy alta
La Unión de San Juan	4	4	2	3	3,25	Muy alta
El Guayabo	4	4	2	3	3,25	Muy alta
La Cumbre de San Juan	4	4	2	3	3,25	Muy alta

Capacidad económica (V1), Dependencia económica (V2), Desempleo (V3)  
Acceso a servicios públicos (V4).

#### **4.2.5 Vulnerabilidad política**

Este tipo de vulnerabilidad constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que le afectan, es decir mientras mayor sea la autonomía, mayor será la vulnerabilidad política de la comunidad, los indicadores que se tomaron en cuenta son:

- **Apoyo municipal (V1).** Se ve reflejado en el número de proyectos que la municipalidad ejecuta por año en las comunidades. Para el caso de la Microcuenca del Río Gila, el apoyo brindado es bajo en algunas comunidades esto se debe a las posibilidades económicas de la municipalidad en este caso la municipalidad de Cabañas.
- **Participación comunitaria en la toma de decisiones locales (V2).** Este indicador se evaluó con base en el número de representantes de las comunidades que participan en decisiones municipales. En este caso, la vulnerabilidad es baja ya que existe por lo menos una persona que los representa en reuniones de cabildos abiertos denominados alcaldes auxiliares;

también participan en la toma de decisiones municipales los miembros de los distintos grupos organizados como: patronatos, juntas de agua dentro de la comunidad.

- **Liderazgo comunal (V3).** Se evaluó con base en el porcentaje de la población dentro de la comunidad que reconoce a los líderes como tales. Este indicador refleja una vulnerabilidad baja ya que el 100% de las personas en las comunidades reconocen la labor desarrollada por sus líderes comunitarios.

El cuadro 54 muestra un resumen de los indicadores evaluados para la vulnerabilidad política. En general la microcuenca presenta un vulnerabilidad política entre media y baja, lo que hace pensar que las comunidades tienen un cierto grado de autonomía que les ayuda a formular por sí mismas la solución a los problema que se les presentan, limitando la solicitud de ayuda externa a los recursos estrictamente faltantes.

*Cuadro 54. Resumen de la vulnerabilidad política en la Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre de la comunidad</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>Calificación</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Cabañas	2	1	0	1,00	Baja
El Llano	3	1	0	1,33	Baja
Mirasolito de La Esperanza	3	1	0	1,33	Baja
Pinalito	3	1	0	1,33	Baja
Barbasqueadero	4	1	0	1,67	Media
Pueblo Viejo	3	1	0	1,33	Baja
Lomas de La Esperanza	3	1	0	1,33	Baja
Miramar	4	1	0	1,67	Media
Las Peñas No.1 y No.2	3	1	0	1,33	Baja
San José de Miramar	3	1	0	1,33	Baja
Mirasolito de Río Negro	3	1	0	1,33	Baja
Motagua	3	1	0	1,33	Baja
Río Negro	3	1	0	1,33	Baja
Ingenios	4	1	0	1,67	Media
Platanares	4	1	0	1,67	Media
Las Juntas No.1 y No.2	3	1	0	1,33	Baja
Descombros	3	1	0	1,33	Baja
Guarumal	3	1	0	1,33	Baja
La Unión de San Juan	3	1	0	1,33	Baja
El Guayabo	3	1	0	1,33	Baja
La Cumbre de San Juan	4	1	0	1,67	Media

Apoyo municipal (V1).

Participación comunitaria en la toma de decisiones locales (V2)

Liderazgo comunal (V3)

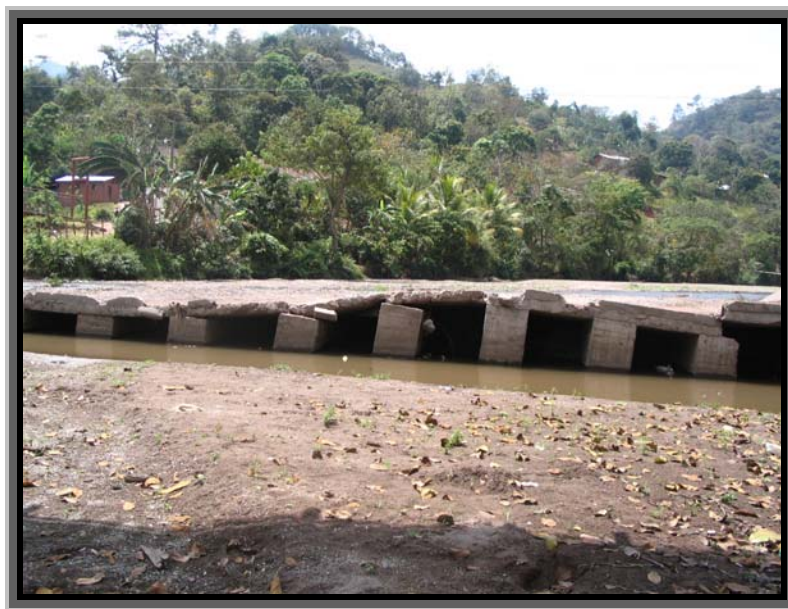
#### **4.2.6 Vulnerabilidad técnica**

Esta determinada por la presencia y/o ausencia de infraestructuras o diseños de edificaciones resistentes o adaptables a la diversidad de eventos o amenazas a la cual está una comunidad expuesta, las variables que se tomaron en cuenta para este estudio son:

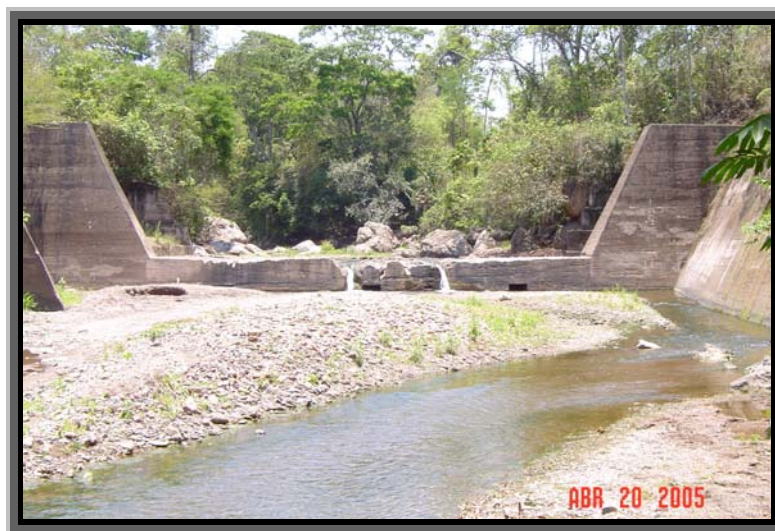
- **La disponibilidad de equipo para la prevención y/o mitigación de desastres y las tecnologías de construcción en zonas de riesgo.** En este caso para todas las comunidades corresponde un valor de ponderación de 4 (vulnerabilidad muy alta) para ambos indicadores, ya que actualmente no se cuenta con ningún tipo de equipo especial para reducción del riesgo, y las obras existentes como puentes, gaviones, muros de contención no presentan un diseño adecuado o en alguno de los casos estos por falta de mantenimiento ya no cumplen la función para la cual fueron creados. Este es el caso del muro de contención en la comunidad de Cabañas que debido a la erosión ha perdido el nivel de protección, y en el caso de los gaviones de la comunidad de Río Negro que ya están en mal estado. La figuras 36, 37 y 38 muestran las obras existentes y su estado actual. El anexo 12 muestra un resumen de los dos indicadores evaluados para este tipo de vulnerabilidad.



*Figura 36. Gaviones en mal estado comunidad de Río Negro.*



*Figura 37. Puente de la comunidad de Cabañas que conecta las demás comunidades.*



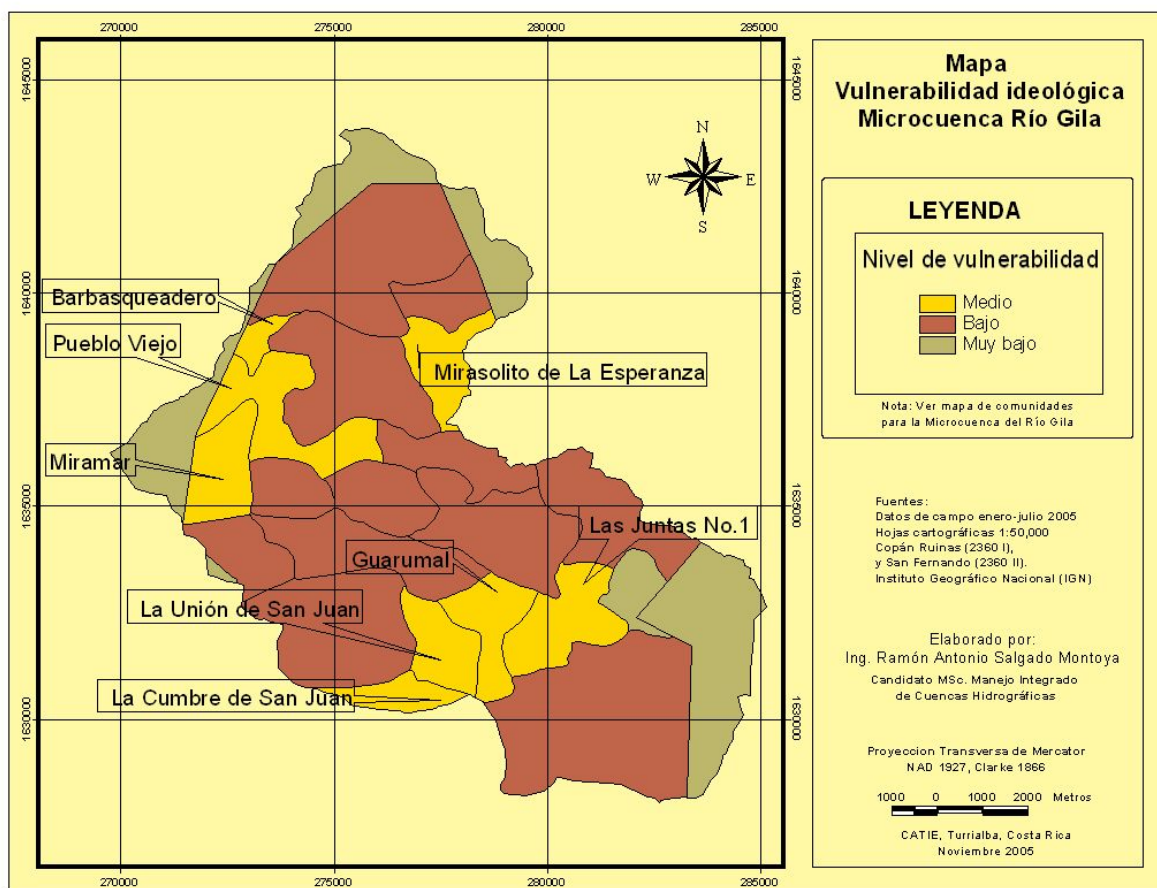
*Figura 38. Disipador de energía ubicado a inmediaciones de la confluencia del Río Gila con el Río Copán.*

#### **4.2.7 Vulnerabilidad ideológica**

La respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre "natural", o ante el desastre mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo que posean sus miembros.

Los indicadores evaluados fueron la **reacción comunitaria en las fases del desastre**. Según los resultados se determinó que en las comunidades existe una buena participación, lo

que hace que este indicador muestre una ponderación baja. Sin embargo, según las encuestas levantadas, se pudo rescatar que existe una **percepción fatalista** alta en algunas comunidades lo que indica, que las personas aducen que los desastres son debidos a la intervención divina. En el anexo 13 se muestra un resumen de la evaluación de la vulnerabilidad ideológica. La figura 39 muestra la espacialización de la vulnerabilidad ideológica, que muestra ser en su mayoría baja, lo que indica que las personas de las comunidades están dispuestas a participar, tanto a nivel comunitario como intracomunitario, en las diferentes fases de un desastre.



*Figura 39. Mapa de la espacialización de la vulnerabilidad ideológica de la Microcuenca del Río Gila.*

#### **4.2.8 Vulnerabilidad cultural**

Uno de los indicadores que se tomó en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fue la **participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de riesgo (V1)**. Para este indicador la ponderación fue de 4 (muy alta) ya que la participación de la mujer es muy



limitada en las comunidades y esta principalmente ligada a la realización de actividades del hogar. La poca participación de la mujer en actividades de tipo grupal se vio evidenciada en los talleres desarrollados, tanto para la recolección de información, como para la elaboración de los mapas comunitarios de riesgo.

Otro de los indicadores que se tomó en cuenta fue: el número de **programas radiales o televisados sobre prevención de riesgo (V2)**. Concluyéndose que en la zona no existen programas de comunicación destinados a la gestión de riesgo, por lo que se le asignó una ponderación de 4 muy alta para todas las comunidades.

En el caso del indicador integración **intercomunal para la prevención y/o mitigación del riesgo (V3)**. El 100 % de los pobladores manifestó estar dispuestos a realizar acciones coordinadas con las demás comunidades a fin de reducir el riesgo a desastres. El cuadro 55 muestra un resumen de los indicadores tomados en cuenta para la evaluación de la vulnerabilidad cultural.

*Cuadro 55. Resumen de la vulnerabilidad cultural en la Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre de la comunidad</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>Calificación</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Cabañas	4	4	0	2,67	Alta
El Llano	4	4	0	2,67	Alta
Mirasolito de La Esperanza	4	4	0	2,67	Alta
Pinalito	4	4	0	2,67	Alta
Barbasqueadero	4	4	0	2,67	Alta
Pueblo Viejo	4	4	0	2,67	Alta
Lomas de La Esperanza	4	4	0	2,67	Alta
Miramar	4	4	0	2,67	Alta
Las Peñas No.1 y No.2	4	4	0	2,67	Alta
San José de Miramar	4	4	0	2,67	Alta
Mirasolito de Río Negro	4	4	0	2,67	Alta
Motagua	4	4	0	2,67	Alta
Río Negro	4	4	0	2,67	Alta
Ingenios	4	4	0	2,67	Alta
Platanares	4	4	0	2,67	Alta
Las Juntas No.1 y No. 2	4	4	0	2,67	Alta
Descombros	4	4	0	2,67	Alta
Guarumal	4	4	0	2,67	Alta
La Unión de San Juan	4	4	0	2,67	Alta
El Guayabo	4	4	0	2,67	Alta
La Cumbre de San Juan	4	4	0	2,67	Alta

V1 Participación de la mujer, V2 programas radiales o televisados sobre prevención de riesgo, V3 Integración inter comunal para la prevención y/o mitigación del riesgo.

#### **4.2.9 Vulnerabilidad educativa**

Está representada principalmente por la preparación académica a distintos niveles, que permite a los ciudadanos aplicar tales conocimientos en su vida cotidiana como herramienta válida para enfrentar las situaciones de peligro presentes en la zona que habita. Los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fueron:

- **Analfabetismo.** Según el Plan de Desarrollo para el Municipio de Cabañas, la tasa de alfabetismo a nivel general para el municipio es de 44,4%, lo que lo ubica en el segundo municipio con mayores problemas educativos en el departamento y en la posición 277 a nivel nacional.
- **Grado de escolaridad.** La educación en el municipio es difícil para la juventud de las aldeas porque la mayoría no cuentan con las condiciones económicas para mantenerse su estudio, el único centro básico está en el casco urbano, lo que implica gastos de alimentación y hospedaje. Además, el municipio no ofrece a la población estudiantil una oportunidad para recibir una preparación académica de más alto nivel (secundaria y universitaria) lo que se torna un tanto difícil para aquellos cuyas condiciones económicas son limitadas. Este indicador fue evaluado con una calificación de alto (3) para las comunidades, ya que en su mayoría presentan una escolaridad a nivel de primaria (primero a sexto grado). Se destaca que las comunidades con más problemas son las que se encuentran ubicadas en la parte alta de la microcuenca (Platanares, El Guayabo, Las Juntas y La Unión).
- **Orientación a la prevención y mitigación de riesgo.** Este indicador fue calificado como muy alto (4), ya que no existe una orientación de la capacitación propiamente para la mitigación de riesgos. El personal capacitado que existe en la microcuenca en materia de desastres, se encuentra en el casco urbano de Cabañas, sin embargo, el porcentaje de personas capacitadas es muy bajo. El cuadro 56 muestra un resumen de la ponderación de los indicadores de la vulnerabilidad educativa, resultando ser esta muy alta, lo que implica que la población en la microcuenca requiere de programas que fortalezcan la educación en la zona, principalmente las comunidades de la parte alta y media de la microcuenca y al mismo tiempo incorporar programas de capacitación en lo que a gestión de riesgo se refiere.



Cuadro 56. Resumen de la vulnerabilidad educativa en la Microcuenca del Río Gila

Nombre de la comunidad	V1	V2	V 3	Calificación	Vulnerabilidad
Cabañas	4	3	4	3,67	Muy alta
El Llano	4	3	4	3,67	Muy alta
Mirasolito de La Esperanza	4	3	4	3,67	Muy alta
Pinalito	4	3	4	3,67	Muy alta
Barbasqueadero	4	3	4	3,67	Muy alta
Pueblo Viejo	4	3	4	3,67	Muy alta
Lomas de La Esperanza	4	3	4	3,67	Muy alta
Miramar	4	3	4	3,67	Muy alta
Las Peñas No. 1 y No. 2	4	3	4	3,67	Muy alta
San José de Miramar	4	3	4	3,67	Muy alta
Mirasolito de Río Negro	4	3	4	3,67	Muy alta
Motagua	4	3	4	3,67	Muy alta
Río Negro	4	3	4	3,67	Muy alta
Ingenios	4	3	4	3,67	Muy alta
Platanares	4	3	4	3,67	Muy alta
Las Juntas No. 1 y No. 2	4	3	4	3,67	Muy alta
Descombros	4	3	4	3,67	Muy alta
Guarumal	4	3	4	3,67	Muy alta
La Unión de San Juan	4	3	4	3,67	Muy alta
El Guayabo	4	3	4	3,67	Muy alta
La Cumbre de San Juan	4	3	4	3,67	Muy alta

V1 Analfabetismo, V2 Grado de escolaridad

V3 Orientación a la prevención y mitigación de riesgo

#### 4.2.10 Vulnerabilidad institucional

Esta representada por la presencia o ausencia de organizaciones o comités encargados de velar por el adecuado manejo y coordinación de las situaciones de emergencias presentes, como consecuencias de un evento o desastre, esto se traduce en la capacidad de respuesta ante tales situaciones de emergencia. Los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fueron: instituciones relacionadas con la prevención y/o mitigación de riesgo (V1), existencia de planes de mitigación (V2), capacitación de personal técnico (V3).

Hasta el año pasado no existía en la zona ninguna institución que este trabajando específicamente en lo que a prevención y mitigación de desastres se refiere. Esto ha provocado la ausencia de un plan de mitigación y a la vez la no capacitación de personal, tanto técnico como comunitario, en acciones referentes a la prevención y mitigación de riesgo. Sin embargo en la actualidad ya algunas instituciones y proyectos están trabajando en este contexto como FOCUENCAS II, CASM (Comisión de Acción Social Menonita) y CHF (Comunidad Habitat

y Finanzas) una consultora que actualmente esta desarrollando un sistema de alerta temprano en la zona. A continuación en el cuadro 57 se muestra un resumen de la ponderación de los indicadores antes mencionados. Como puede verse en el cuadro la vulnerabilidad institucional es muy alta

*Cuadro 57. Resumen de la vulnerabilidad institucional en la Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre de la comunidad</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>Calificación</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Cabañas	3	4	4	3,67	Muy alta
El Llano	3	4	4	3,67	Muy alta
Mirasolito de La Esperanza	3	4	4	3,67	Muy alta
Pinalito	3	4	4	3,67	Muy alta
Barbasqueadero	3	4	4	3,67	Muy alta
Pueblo Viejo	3	4	4	3,67	Muy alta
Lomas de La Esperanza	3	4	4	3,67	Muy alta
Miramar	3	4	4	3,67	Muy alta
Las Peñas No. 1 y No. 2	3	4	4	3,67	Muy alta
San José de Miramar	3	4	4	3,67	Muy alta
Mirasolito de Río Negro	3	4	4	3,67	Muy alta
Motagua	3	4	4	3,67	Muy alta
Río Negro	3	4	4	3,67	Muy alta
Ingenios	3	4	4	3,67	Muy alta
Platanares	3	4	4	3,67	Muy alta
Las Juntas No. 1 y No. 2	3	4	4	3,67	Muy alta
Descombros	3	4	4	3,67	Muy alta
Guarumal	3	4	4	3,67	Muy alta
La Unión de San Juan	3	4	4	3,67	Muy alta
El Guayabo	3	4	4	3,67	Muy alta
La Cumbre de San Juan	3	4	4	3,67	Muy alta

(V1) Instituciones relacionadas con la prevención y/o mitigación de riesgo, existencia de planes de mitigación (V2), capacitación de personal técnico (V3).

#### **4.2.11 Vulnerabilidad global**

La vulnerabilidad global se subdivide en diferentes tipos (Wilches-Chaux, 1989): social, económica, política, institucional, ideológica, cultural, educativa, física, técnica, ecológica.

A continuación se presenta los resultados y análisis de la evaluación de la vulnerabilidad global a deslizamientos en la Microcuenca del Río Gila, con base en la información antes presentada de las diferentes vulnerabilidades analizadas. En el cuadro 58 y la figura 40 se presenta el resultado general de la evaluación de vulnerabilidad.

Cuadro 58. Resultados generales, vulnerabilidad global a deslizamientos Microcuenca del Río Gila

Tipo de Vulnerabilidad	Promedio por vulnerabilidad	Total máximo posible	Vulnerabilidad existente (%)	Vulnerabilidad
Física	2,36	4	58,88	Media
Social	1,69	4	42,23	Media
Ecológica	2,68	4	67,05	Alta
Económica	3,10	4	77,56	Alta
Política	1,33	4	33,33	Baja
Técnica	3,82	4	95,45	Muy alta
Ideológica	1,35	4	33,71	Baja
Cultura	2,55	4	63,64	Alto
Educativa	3,46	4	86,49	Muy alta
Institucional	3,50	4	87,58	Muy alta
<b>Vulnerabilidad Global a deslizamientos</b>	<b>2,58</b>	<b>4</b>	<b>64,59</b>	<b>Alta</b>

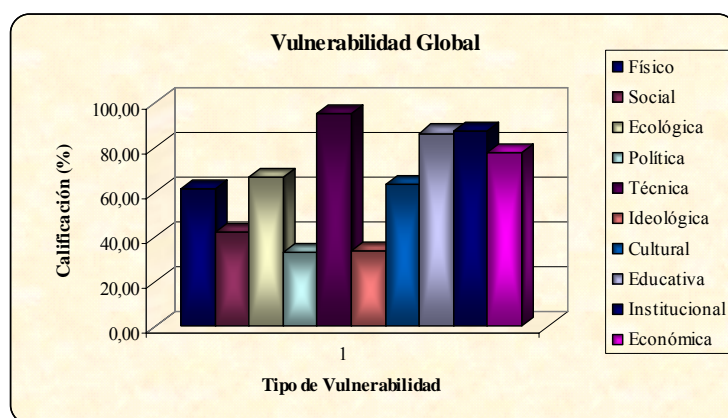


Figura 40. Tipo de vulnerabilidad y % de calificación.

#### 4.2.12 Análisis de resultados de la vulnerabilidad global

A continuación se presenta el análisis de resultados obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad global de la Microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras.

Se observa que la microcuenca presenta **vulnerabilidad técnica** muy alta, destacándose tal como se mostró en las figuras 36, 37 y 38, que los puentes y las obras de reducción de riesgo en la actualidad no están cumpliendo con el objetivo para el cual fueron elaborados, como ejemplo el puente que comunica a Cabañas con las demás comunidades se encuentra en mal estado, el dissipador de energía ubicado en las proximidades de la confluencia del Río Gila con el Río Copán se encuentra cubierto con sedimento lo que refleja el mal

mantenimiento que se le a dado a dicha obra. En tal sentido es necesario dar el mantenimiento a las obras existentes a fin de recuperarlas y de ser posible agilizar la reparación del puente de Cabañas.

La microcuenca presenta **vulnerabilidad educativa** muy alta. Esto se debe principalmente a que la mayoría de la población no cuenta con capacitación sobre aspectos de prevención de riesgos. Aunado a esto el municipio de Cabañas tiene un índice de desarrollo humano (IDH<sup>3</sup>) de 0,437, la tasa de analfabetismo es de 44,4% y un logro educacional promedio<sup>4</sup> de 0,376, lo que lo ubica en el segundo municipio con mayores problemas educativos en el departamento y en la posición 277 a nivel nacional.

La educación en el municipio es difícil para la juventud de las aldeas porque la mayoría no cuenta con las condiciones económicas para mantenerse su estudio y el único centro básico está en el casco urbano, lo que implica gastos de alimentación y hospedaje. Además el municipio no ofrece a la población estudiantil una oportunidad para recibir una preparación académica de más alto nivel (secundaria y universitaria) lo que se torna un tanto difícil para aquellos cuyas condiciones económicas son limitadas.

La microcuenca presenta también una **vulnerabilidad institucional** muy alta. Esto es debido a la no existencia de un plan de prevención ante desastres y que a pesar de la existencia de muchas instituciones en el municipio estas no cuentan con un componente de reducción del riesgo. Sin embargo, en la actualidad ya algunas instituciones ONG y proyectos están tomando este tema como prioritario en la zona, tal es el caso de FOCUENCAS II, CASM, CHF (Comunidad Habitat y Financiamiento), el Proyecto Norte de Copán y la Municipalidad de Cabañas. En la actualidad estas instituciones ya están realizando algunas actividades para beneficio del municipio de Cabañas, como la creación del Comité de Emergencia Municipal (CODEM). Por parte de CASM y las instituciones presentes en la zona y un estudio por parte de CHF para establecer un sistema de alerta temprana.

---

<sup>3</sup> El IDH mide el logro medio de un país en cuanto a tres dimensiones básicas del desarrollo humano: una vida larga y saludable, los conocimientos y un nivel decente de vida. El IDH contiene tres variables: la esperanza de vida al nacer, el logro educacional (alfabetización de adultos y la tasa bruta de matriculación primaria, secundaria y terciaria combinada) y el PIB real per cápita (PPA en dólares).(fuente: [www.pnud.org.ve/idh/idh.asp](http://www.pnud.org.ve/idh/idh.asp)).

<sup>4</sup> El logro educacional (alfabetización de adultos y la tasa bruta de matriculación primaria, secundaria y terciaria combinada) (fuente: [www.pnud.org.ve/idh/idh.asp](http://www.pnud.org.ve/idh/idh.asp))

La microcuenca presenta una **vulnerabilidad ecológica** alta, se encuentran tres tipos de usos bien definidos: bosque que incluye el bosque de pino y el bosque latifoliado incluyendo dentro de este último el cultivo de café. Este uso representa el 49,12 % del área total de la microcuenca (64,01 km<sup>2</sup>) por lo que el área deforestada en la microcuenca está constituida por el área ocupada por pasto y cultivo que representan el 50,88 % del total del área (66,40 km<sup>2</sup>). En las áreas donde se realizan los cultivos no se implementan prácticas adecuadas de conservación de suelos, lo que determina la necesidad de implementar prácticas de cultivo adecuadas a fin de detener la agricultura migratoria. Este tipo de vulnerabilidad es la que potencialmente tiene una tendencia a incrementar, por la falta de tierras para cultivo y la presión que se ejerce sobre el bosque para extraer leña y aumentar el área de cultivo o agricultura migratoria.

La microcuenca presenta una **vulnerabilidad económica** alta. La población económicamente activa la constituyen unas pocas familias que se dedican principalmente al cultivo de café, ocupando el segundo lugar la cría y manejo de fincas ganaderas. El resto de la población no económicamente activa, realiza labores de cultivo para subsistencia (maíz y frijol) y se dedican más que todo al corte de café en la temporada de cosecha, como única entrada de recursos a la familia; no hay diversificación agropecuaria, ya que los pobladores no conocen las tecnologías apropiadas para la búsqueda de otras alternativas de producción, unido a la gran limitante económica que no les permite impulsar una producción diversificada que les ayude a mejorar sus niveles de vida.

El 81% de los hogares del municipio tienen necesidades básicas insatisfechas de los cuales el 72% tiene dos o más necesidades básicas insatisfechas. Gran parte de las comunidades no tienen servicio de agua potable lo que afecta a una población aproximada de 3.467 habitantes. Posee servicio de alcantarillado sanitario, solamente el casco urbano, por lo que 6.638 personas aproximadamente viven en condiciones insalubres.

El servicio de energía eléctrica solo cubre el casco urbano y la comunidad de Morazán. Un total de 8.743 habitantes no se benefician con este servicio. En cuanto a telefonía existe únicamente un teléfono comunitario en el casco urbano y no hay señal para telefonía celular.

Las personas viajan desde las aldeas en vehículos de trabajo que salen desde San Fernando Ocoatepeque todos los días por la mañana. El medio de transporte que se utiliza desde el casco urbano a Santa Rita son unos pick up que se dedican a transportar pasajeros y es la única alternativa que tienen los viajeros.

En lo que respecta a la **vulnerabilidad cultural** esta es alta. Esto se debe a la poca participación de la mujer en actividades relacionadas con la prevención y mitigación de riesgo y a que en la zona no existen programas radiales ni televisados (en el caso del casco urbano) que promuevan la gestión del riesgo. En cuanto a la variable de integración intercomunal el 80-100 % de los pobladores manifestaron su disponibilidad para ejecutar cualquier acción que favorezca la prevención y mitigación del riesgo en la zona.

En lo que respecta a la **vulnerabilidad física** esta es media a nivel global, sin embargo, este tipo de vulnerabilidad es de mucha importancia a nivel comunitario ya que comunidades como Platanares, El Guayabo, Las Juntas presentan vulnerabilidad física muy alta y comunidades como Cabañas, Río Negro, entre otras, presentan vulnerabilidad física alta, lo que indica que existen casas que de acuerdo a su estructura (material de construcción) y ubicación que están en riesgo y requieren de atención especial al momento de presentarse un evento de lluvia extrema que pueda provocar deslizamientos e inundaciones.

**La vulnerabilidad social** resultó ser media. Esto debido al nivel de organización que existe en las comunidades. Esto a su vez implica que las comunidades que poseen varias organizaciones sociales, tanto formales como no formales, pueden absorber mucho más fácilmente las consecuencias de un desastre y reaccionar con mayor rapidez que las que no la tienen. Una comunidad es socialmente vulnerable en la medida en que las relaciones que vinculan a sus miembros entre sí y con el conjunto social, no pasen de ser meras relaciones de vecindad física, en la medida en que estén ausentes los sentimientos compartidos de pertenencia y de propósito, y en la medida en que no existan formas de organización de la sociedad civil que encarnen esos sentimientos y los traduzcan en acciones concretas (Wilches-Chaux, 1989)

La **vulnerabilidad política**. En general la microcuenca presenta una vulnerabilidad política baja, lo que hace pensar que las comunidades tienen un cierto grado de autonomía que

les ayuda a formular por sí mismas la solución a los problemas que se les presentan, limitando la solicitud de ayuda externa a los recursos estrictamente faltantes

**La vulnerabilidad ideológica** resultó ser baja de acuerdo a los indicadores evaluados. Esto implica que la reacción de las comunidades en las diferentes fases de un desastre es favorable, ya que la mayoría de las personas de las comunidades están dispuestas a colaborar.

A continuación se presenta en el cuadro 59 un resumen de la vulnerabilidad por tipo y por comunidad para la Microcuenca del Río Gila, misma que fue analizada en los acápites anteriores y que en general muestra que las comunidades presentan una vulnerabilidad global alta, producto de la ponderación de los diferentes tipos de vulnerabilidad.

*Cuadro 59. Resumen tipo de vulnerabilidad en las diferentes comunidades de la Microcuenca del Río Gila.*

NOMBRE	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V Global	%	Vulnerabilidad
Cabañas	2,86	1,17	3,00	3,25	1,00	4,00	1,00	2,67	3,67	3,67	2,63	65,69	ALTA
El Llano	1,45	2,00	1,33	3,25	1,33	4,00	1,00	2,67	3,67	3,67	2,44	60,93	ALTA
Mirasolito de La Esperanza	2,87	1,67	2,00	3,25	1,33	4,00	2,00	2,67	3,67	3,67	2,71	67,81	ALTA
Pinalito	1,44	1,67	3,00	3,25	1,33	4,00	1,00	2,67	3,67	3,67	2,57	64,24	ALTA
Barbasqueadero	2,78	2,33	3,00	3,25	1,67	4,00	1,67	2,67	3,67	3,67	2,87	71,75	ALTA
Pueblo Viejo	1,87	1,83	3,00	3,25	1,33	4,00	1,67	2,67	3,67	3,67	2,70	67,40	ALTA
Lomas de La Esperanza	2,51	1,67	3,00	3,25	1,33	4,00	1,00	2,67	3,67	3,67	2,68	66,92	ALTA
Miramar	1,98	1,83	2,33	3,25	1,67	4,00	1,67	2,67	3,67	3,67	2,67	66,83	ALTA
Las Peñas No.1	2,76	1,67	2,67	3,25	1,33	4,00	1,33	2,67	3,67	3,67	2,70	67,54	ALTA
San Jose de Miramar	1,73	2,00	2,67	3,25	1,33	4,00	1,33	2,67	3,67	3,67	2,63	65,79	ALTA
Mirasolito de Río Negro	2,19	1,67	3,00	3,25	1,33	4,00	1,33	2,67	3,67	3,67	2,68	66,94	ALTA
Motagua	2,08	1,50	3,33	3,25	1,33	4,00	1,33	2,67	3,67	3,67	2,68	67,08	ALTA
Río Negro	2,92	2,00	2,67	3,25	1,33	4,00	1,33	2,67	3,67	3,67	2,75	68,76	ALTA
Ingenios	2,18	1,67	2,33	3,25	1,67	4,00	1,00	2,67	3,67	3,67	2,61	65,24	ALTA
Platanares	3,52	1,67	2,67	3,25	1,67	4,00	0,67	2,67	3,67	3,67	2,74	68,61	ALTA
Las Juntas No.1	3,20	2,00	2,67	3,25	1,33	4,00	2,00	2,67	3,67	3,67	2,85	71,13	ALTA
Descombros	3,17	1,50	3,00	3,25	1,33	4,00	1,33	2,67	3,67	3,67	2,76	68,97	ALTA
Guarumal	2,60	1,83	3,00	3,25	1,33	4,00	2,00	2,67	3,67	3,67	2,80	70,05	ALTA
La Unión de San Juan	2,55	1,83	2,33	3,25	1,33	4,00	2,00	2,67	3,67	3,67	2,73	68,25	ALTA
El Guayabo	3,86	1,83	2,67	3,25	1,33	4,00	1,33	2,67	3,67	3,67	2,83	70,69	ALTA
La Cumbre de San Juan	2,31	1,83	2,67	3,25	1,67	4,00	1,67	2,67	2,78	3,67	2,65	66,26	ALTA
Área sin aldeas	0,00	0,00	2,67	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,27	6,68	BAJA

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.

Reyes (2003), a través de su estudio de vulnerabilidad a desastres naturales, determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la microcuenca del Río Talgua, Catacamas, en Honduras, determinó que de las seis comunidades de dicha microcuenca, solo una obtuvo vulnerabilidad media, mientras que las cinco restantes presentaron vulnerabilidad alta, calificando con ello como alta la vulnerabilidad a toda la microcuenca. Para llegar a esta determinación, se tomaron en cuenta algunos indicadores para la estimación de la vulnerabilidad de donde se obtuvo que, las vulnerabilidades técnica, institucional y física

fueron las que presentaron los mayores resultados y las vulnerabilidades social y política los valores más bajos.

### 4.3 Vulnerabilidad a inundaciones

Para el análisis de la vulnerabilidad a inundaciones se tomaron en cuenta los indicadores de vulnerabilidad a deslizamientos antes mencionados y analizados, únicamente se incorporaron otros indicadores en cuanto a la vulnerabilidad técnica.

Este análisis únicamente se hizo para las comunidades que presentan problemas de inundación como son las comunidades de: Cabañas, Río Negro, Las Juntas, Descombros y Platanares. Comunidades en las cuales según las encuestas levantadas los actores clave mencionaron que presentan problemas de inundaciones.

Los indicadores incorporados a la vulnerabilidad técnica fueron: porcentaje de puentes en buen estado, porcentaje de obras hidráulicas con capacidad a eventos extremos y la frecuencia de mantenimiento de obras. En cuanto a estos indicadores se les asignó un valor de acuerdo a la clasificación de 4 muy alto ya que en la actualidad los puentes están en mal estado. Esto se ve evidenciado en la vía principal de acceso o comunicación de la comunidad de Cabañas con el resto de las comunidades aguas arriba, que se encuentra en mal estado, así como también en las obras existentes como diques y muros de contención, lo que refleja la poca frecuencia de mantenimiento a dichas obras. El cuadro 60 muestra el resumen de la evaluación de la vulnerabilidad a inundaciones indicando que en general la vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca es alta, ya que obtuvo una valoración porcentual de 68,63% la que de acuerdo con el cuadro 42 la caracteriza como vulnerabilidad alta.

*Cuadro 60. Resumen de la vulnerabilidad global a inundaciones por comunidades de la Microcuenca del Río Gila.*

Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	Calificación	Vulnerabilidad	%
Cabañas	2,86	1,17	3,00	3,25	1,00	4	1,00	2,67	3,67	3,67	2,63	Medio	58,19
Río Negro	2,92	2,00	2,67	3,25	1,33	4	1,33	2,67	3,67	3,67	2,75	Alta	62,09
Platanares	3,52	1,67	2,67	3,25	1,67	4	0,67	2,67	3,67	3,67	2,74	Alta	61,94
Las Juntas No.1	3,20	2,00	2,67	3,25	1,33	4	2,00	2,67	3,67	3,67	2,85	Alta	64,47
Descombros	3,17	1,50	3,00	3,25	1,33	4	1,33	2,67	3,67	3,67	2,76	Alta	61,47

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



El cuadro 60 muestra que en la comunidad de Cabañas la vulnerabilidad a inundaciones es media. Cabe destacar que históricamente esta comunidad ha presentado problemas de inundación. Sin embargo, tomando en cuenta esta problemática la comunidad junto con los entes gubernamentales e instituciones han realizado algunas obras destinadas a la reducción del riesgo en esta zona (construcción del dique en la comunidad de Cabañas) esto a contribuido a que la vulnerabilidad en la zona sea media, sin embargo, es de mencionar que en la actualidad esta obra a sido afectada por problemas de sedimentación; lo que esta reduciendo su vida útil, por lo que realizar acciones encaminadas a la recuperación de este tipo de obras es recomendable, a fin de que continúe contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad en esta comunidad. El cuadro 61 muestra un resumen de la vulnerabilidad global para la microcuenca.

*Cuadro 61. Resumen de la vulnerabilidad global a inundaciones en la Microcuenca del Río Gila.*

<b>Tipo de Vulnerabilidad</b>	<b>Promedio por vulnerabilidad</b>	<b>Total máximo posible</b>	<b>Vulnerabilidad existente (%)</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Física	3,13	4	78,31	Alta
Social	1,67	4	41,67	Media
Ecológica	2,80	4	70,00	Alta
Económica	3,25	4	81,25	Muy alta
Política	1,33	4	33,33	Baja
Técnica	4,00	4	100,00	Muy alta
Ideológica	1,27	4	31,67	Baja
Cultura	2,67	4	66,67	Alta
Educativa	3,67	4	91,67	Muy alta
Institucional	3,67	4	91,75	Muy alta
<b>Vulnerabilidad Global a inundaciones</b>	<b>2,75</b>	<b>4</b>	<b>68,63</b>	<b>Alta</b>

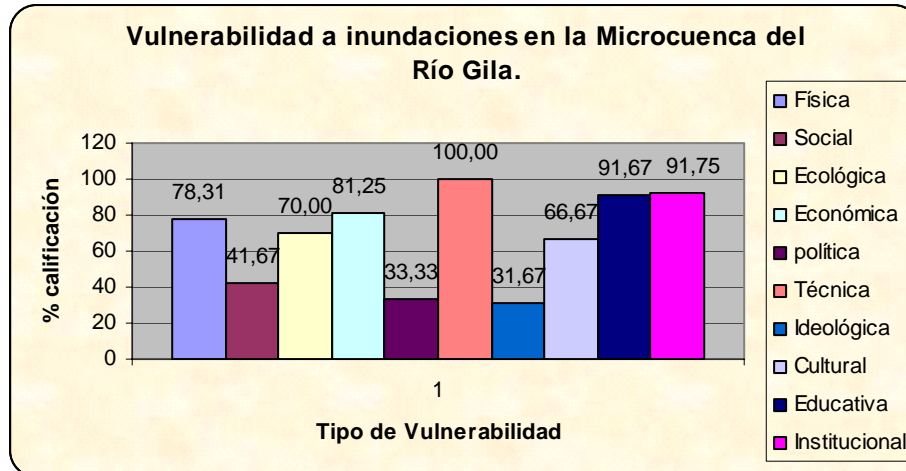


Figura 41. Tipo de vulnerabilidad a inundaciones y % de calificación en la Microcuenca del Río Gila.

A manera de ilustrar la vulnerabilidad global a inundaciones, se presenta la figura 41 mostrando que la vulnerabilidad técnica, institucional, educativa, económica y física resultaron ser alta, mientras que la vulnerabilidad ideológica y política resultó ser baja.

Rivera (2002) evaluó la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca Soledad, Valle de Ángeles en Honduras; para este estudio se tomaron en cuenta variables específicas para medir diferentes vulnerabilidades, donde resultó que la microcuenca Soledad presenta vulnerabilidades física, técnica, social, económica, educativa y política altas, mientras que la vulnerabilidad ideológica fue la única que resultó baja. En términos generales, la microcuenca Soledad mostró una vulnerabilidad global alta.

#### 4.4 Evaluación de las amenazas

Las amenazas que se evaluaron fueron deslizamientos e inundaciones; para cada una se utilizó una metodología diferente de análisis. Para el caso la amenaza a inundaciones se realizó utilizando HEC-HMS, HEC-RAS y la extensión de ArcView Hec-GeoRas. Para el análisis de la amenaza a deslizamientos se siguió el mismo procedimiento que la vulnerabilidad, para lo cual se tomaron en cuenta cuatro indicadores que fueron ponderados y analizados para estimar las áreas de mayor criticidad a deslizamientos.

A continuación se presenta de manera detallada el análisis y discusión de resultados de la evaluación de amenazas a inundaciones y deslizamientos en la Microcuenca del Río Gila.

#### **4.4.1 Evaluación de la amenaza a inundaciones**

Esta amenaza fue evaluada siguiendo tres fases: la primera fase corresponde al cálculo de los caudales pico para cada una de las microcuencas que forman el Río Gila, esta fase fue desarrollada utilizando los programas HEC-HMS e HidroEsta, para realizar los cálculos necesarios para obtener finalmente los caudales picos. En la segunda fase se determinan las planicies de inundación esto a través del uso del programa HEC-RAS, la extensión Hec-GeoRas combinado con ArcView 3,3, para generar las planicies de inundación. La tercera fase corresponde a la espacialización utilizando ArcView para definir en mapas las planicies de inundación, para diferentes períodos de retorno (2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años). A continuación se describen cada una de estas fases con su respectivo análisis.

##### **4.4.1.1 Cálculo de los caudales pico para cada microcuenca**

En esta primera fase se presentan los resultados del cálculo de caudales pico de las microcuencas dentro del área de estudio, para este análisis se tomó en cuenta los principales afluentes del Río Gila (Quebradas: Tierra Fría, Los Salitres, San Francisco, Los Ingenios, El Cerro o Río Negro, Motagua, El Prado y Platanares).

La Microcuenca del Río Gila presenta un área tributaria de 130,51 km<sup>2</sup>, 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 suelos con capacidad hidrológica tipo A (Anexo 4).

Tomando en consideración la clasificación hidrológica del suelo en coherencia con la cobertura forestal y uso del suelo de las microcuencas en estudio, a continuación se presenta en el cuadro 62 un resumen para el cálculo del número de curva (CN) como parámetro imprescindible para el posterior cálculo de caudales pico mediante el método del *Soil Conservation Service* (SCS). En el anexo 2 se presenta la tabla que muestra el número de curva para complejos hidrológicos de suelo y cobertura.

Cuadro 62. Cálculo del número de curva (CN) Microcuenca del Río Gila.

Microcuenca	AREA (km <sup>2</sup> )	Tipo de suelo	Área suelo (km <sup>2</sup> )	% área (km <sup>2</sup> )	Capacidad hidrológica	CN B P	Promedio	Ponderado	CN total
Platanares	10,52	Chandala	0,03	0,25	C	73 - 79	76,00	0,19	43
		Suelos del Valle	10,34	98,27	A	36 - 49	42,50	41,76	
		Sulaco	0,15	1,43	C	73 - 79	76,00	1,09	
Gila Alto	16,32	Chandala	2,91	17,79	C	73 - 79	76,00	13,52	48
		Suelos del Valle	13,44	82,21	A	36 - 49	42,50	34,94	
El Prado	8,57	Chandala	8,57	100,00	C	73 - 79	76,00	76,00	76
Motagua	9,87	Chandala	9,57	96,90	C	77 - 86	81,50	78,98	81
		Suelos del Valle	0,08	0,79	A	45 - 68	56,50	0,44	
		Sulaco	0,23	2,32	C	77 - 86	81,50	1,89	
Río Negro	13,67	Chandala	13,67	100,00	C	77 - 86	81,50	81,50	82
Los Ingenios	6,90	Chandala	6,90	100,00	C	73 - 79	76,00	76,00	76
San Francisco	9,70	Chandala	9,70	100,00	C	73 - 79	76,00	76,00	76
Los Salitres	7,46	Chandala	7,46	100,00	C	73 - 79	76,00	76,00	76
Tierra Fria	7,93	Chandala	7,93	100,00	C	73 - 79	76,00	76,00	76
<b>Río Gila</b>	<b>130,51</b>	Chandala	<b>105,95</b>	<b>81,18</b>	<b>C</b>	<b>73 - 79</b>	<b>76,00</b>	<b>61,70</b>	<b>70</b>
		Suelos del Valle	<b>24,14</b>	<b>18,49</b>	<b>A</b>	<b>36 - 49</b>	<b>42,50</b>	<b>7,86</b>	
		Sulaco	<b>0,43</b>	<b>0,33</b>	<b>C</b>	<b>73 - 79</b>	<b>76,00</b>	<b>0,25</b>	

El cálculo de la condición hidrológica, que se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esta en función de la cobertura vegetal. El cuadro 63 muestra la condición hidrológica para las microcuencas del área de estudio. En general la Microcuenca del Río Gila tiene un 49% de bosque lo que representa una condición hidrológica regular.

Cuadro 63. Condición Hidrológica de las microcuencas del Río Gila.

Microcuencas	Área (km <sup>2</sup> )	Bosque (km <sup>2</sup> )	No Bosque Pasto cultivado (km <sup>2</sup> )	% Bosque	% No. Bosque	Condición hidrológica
Platanares	10,52	5,26	5,26	50	50	regular
El Prado	8,57	5,14	3,43	60	40	regular
Motagua	9,87	3,55	6,32	36	64	pobre
Río Negro	13,67	6,56	7,11	48	52	pobre
Los Ingenios	6,90	4,14	2,76	60	40	regular
San Francisco	9,70	4,07	5,62	42	58	regular
Los Salitres	7,46	4,77	2,68	64	36	regular
Tierra Fría	7,93	5,23	2,70	66	34	regular
<b>Río Gila</b>	<b>130,51</b>	<b>63,95</b>	<b>66,56</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>regular</b>

El ajuste de la precipitación se calculó de acuerdo a los registros históricos de precipitación máxima de 24 horas, proporcionados por la estación meteorológica de La Entrada. Para el cálculo fue necesario realizar un ajuste probabilística de la precipitación mediante el análisis de distribución Log Pearson III, que fue desarrollado utilizando para el cálculo el programa HidroEsta. En el cuadro 64 se muestra el resultado de la precipitación

máxima para el cálculo de caudales pico para diferentes períodos de retorno, y el anexo 6 muestra las fórmulas empleadas por el programa HidroEsta para realizar los cálculos.

*Cuadro 64. Precipitación máxima según distribución Log Pearson tipo III*

Período de retorno	Precipitación máxima (mm)
2	81,06
10	123,56
20	140,77
25	146,35
50	163,96
100	182,12
200	200,89
500	226,78
1000	247,09

El cálculo del tiempo de concentración, es el tiempo transcurrido desde que una gota de agua cae en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la salida de esta (estación de aforo). Este tiempo está en función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca. Existen muchas formas de encontrar el tiempo de concentración ( $t_c$ ) de una cuenca, para efectos de este estudio se empleó la ecuación de *Kirpich* que provee resultados confiables basándose en la longitud del cauce de la cuenca hidrográfica y la pendiente aritmética del mismo. A continuación se muestra en el cuadro 65 el resultado del cálculo del  $t_c$  en las microcuencas del Río Gila y en el cuadro 66 se muestra un resumen de los datos que necesita el programa HEC-HMS para el respectivo cálculo de los caudales picos para las diferentes microcuencas dentro del Río Gila.

*Cuadro 65. Cálculo del tiempo de concentración.*

Microcuencas	Cota inicio (msnm)	Cota final (msnm)	Desnivel (m)	Longitud (m)	Tc (min)	Tiempo Retardo (min)
Platanares	920,00	1337,82	417,82	5795,18	42,39	25,44
El Prado	900,00	1559,18	659,18	5333,12	32,31	19,39
Motagua	820,00	1220,00	400,00	6693,80	50,92	30,55
Río Negro	820,00	1300,00	480,00	5553,13	38,26	22,95
Los Ingenios	789,23	1160,00	370,77	3663,72	26,14	15,68
San Francisco	700,00	920,00	220,00	4470,28	40,21	24,13
Los Salitres	680,00	1161,60	481,60	5324,28	36,39	21,84
Tierra Fría	660,00	920,00	260,00	3484,32	28,28	16,97
<b>Río Gila</b>	<b>640,00</b>	<b>1424,60</b>	<b>784,60</b>	<b>24872,90</b>	<b>178,92</b>	<b>107,35</b>

Cuadro 66. Resumen de los datos requeridos por HEC-HMS para el cálculo de caudales máximos.

Microcuencas	Área (km <sup>2</sup> )	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
<b>Río Gila</b>	<b>130,51</b>	<b>70,0</b>	<b>178,92</b>	<b>107,35</b>	<b>21,77</b>

El cuadro 67 muestra los caudales pico de cada microcuenca para diferentes períodos de retorno, que fueron calculados con el modelo especializado HEC-HMS mediante la metodología del *Soil Conservation Service* (SCS), y en la figura 42 se muestra la representación gráfica de los caudales picos para la Microcuenca del Río Gila para diferentes período de retorno.

Cuadro 67. Resumen de caudales pico de cada Microcuenca por período de retorno

Caudales pico m <sup>3</sup> /s para diferentes períodos de retorno									
Microcuencas	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
<b>Río Gila</b>	<b>100,77</b>	<b>207,38</b>	<b>252,93</b>	<b>267,84</b>	<b>323,22</b>	<b>381,57</b>	<b>442,78</b>	<b>528,23</b>	<b>595,80</b>

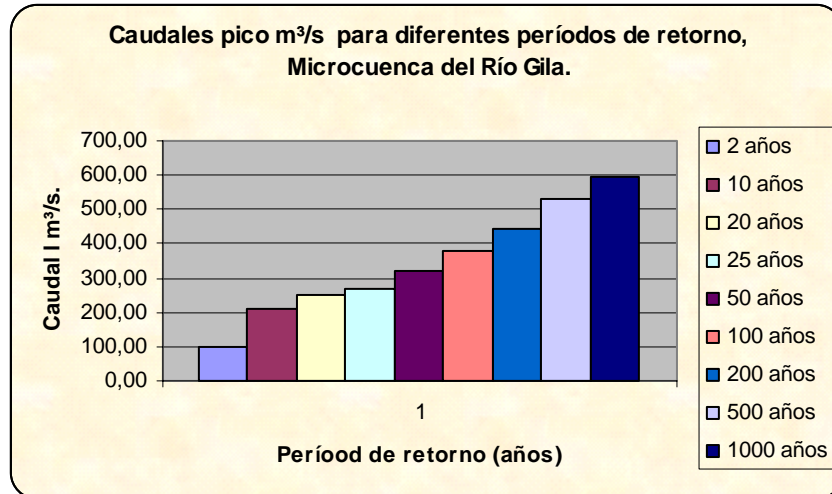


Figura 42. Caudales pico  $m^3/s$  para la Microcuenca del Río Gila para diferentes períodos de retorno.

#### 4.4.1.2 Análisis de resultados de caudales picos

El cuadro 67 muestra en la última fila el resultado del cálculo del caudal pico para la microcuenca en general y la figura 42 muestra la representación gráfica de esos caudales. Cabe destacar que este caudal no representa la sumatoria de los caudales de las microcuencas que forman el Río Gila, el caudal pico de cada microcuenca es proporcional al área de la misma.

A manera de representar en forma gráfica y determinar las microcuencas que generan el mayor aporte de caudal al Río Gila. En la figura 43 se muestra el caudal pico para cada microcuenca, para un período de retorno de 50 años, destacando que las microcuencas que presenta un mayor caudal son: El Cerro o Río Negro que justamente es la que mas área tiene ( $13,67 \text{ km}^2$ ), presentando un caudal de  $65,93 \text{ m}^3/s$ , Motagua ( $45,08 \text{ m}^3/s$ ) y San Francisco ( $41,62 \text{ m}^3/s$ ), Sin embargo se presenta el caso de la Microcuenca del Platanar que a pesar de ser una de las cuencas mas grandes ( $10,52 \text{ km}^2$ ) presenta los menores caudales picos ( $12,28 \text{ m}^3/s$ ). Esto se debe a que la mayoría de los suelos en esta microcuenca son del tipo Suelos de los Valles que representan el 98,3% del área de esta microcuenca, estos suelos tienen una capacidad hidrológica tipo “A”, lo que indica que tienen bajo potencial de escorrentía, lo que se traduce a menor caudal.

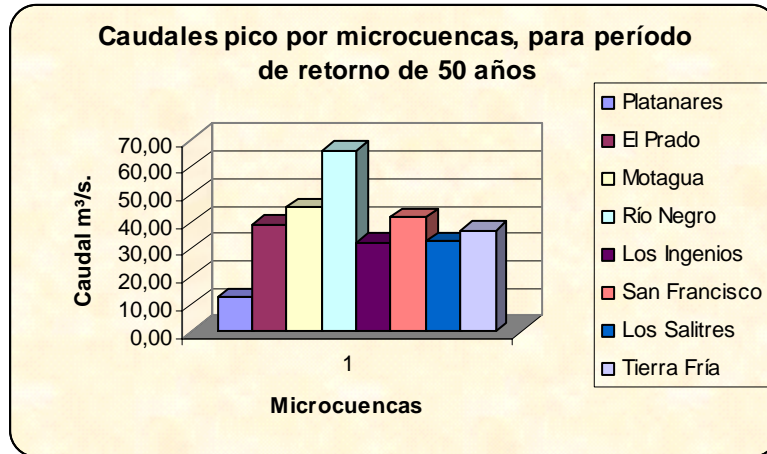


Figura 43. Caudales pico en  $m^3/s$  para un período de retorno de 50 años, de las microcuencas del Río Gila

Rivera (2002) en su estudio de evaluación de amenaza a inundaciones en la microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras, establece que el caudal pico es proporcional al área de la cuenca, sin embargo, en el caso de la microcuenca del Platanar se establece que el caudal pico además del área, también esta en función de los demás componentes como la condición hidrológica, la capacidad hidrológica y la cobertura forestal.

Una cuenca cubierta densamente con bosques naturales, vegetación permanente y áreas de cultivo bien manejadas, presenta un hidrograma bien distribuido (los caudales disponibles se distribuyen en varios meses), en cambio las cuencas con poca cobertura vegetal y mal manejadas, presentan hidrogramas con “picos muy altos” (los caudales disponibles se concentran en pocos meses y son muy altos, generando inundaciones) (Faustino, 1999).

En anexos se presentan las formas en las cuales el programa HEC-HMS da los resultados del cálculo de los caudales máximos. El anexo 14 presenta la tabla de resultados en series de tiempo para caudales máximos, para un período de retorno de 50 años, para el Río Gila en general. El anexo 15 presenta el resumen de resultados donde muestra el caudal máximo para el Río Gila para un período de retorno de 50 años. El anexo 16 presenta el hidrograma de la Microcuenca del Río Gila para un período de retorno de 50 años.



#### 4.4.1.3 Determinación de las planicies de inundación (HEC-RAS)

En esta parte se muestran los resultados obtenidos de la modelación hidráulica realizada con HEC-RAS y Hec-GeoRas, que define las planicies de inundación para la microcuenca en estudio. Dicha modelación hidráulica es ilustrada a través del mapa de amenaza de inundación para los períodos de retorno establecidos en el estudio (Figura 44).

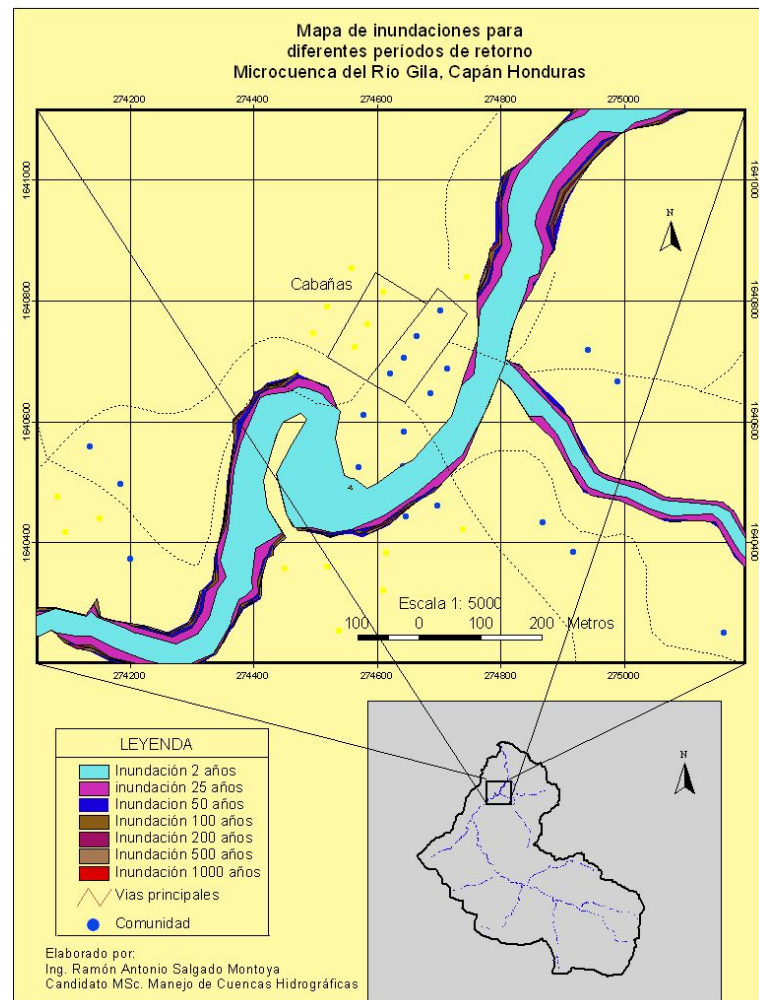


Figura 44. Mapa de inundación para diferentes períodos de retorno Microcuenca del Río Gila.

#### 4.4.1.4 Análisis de resultados de planicies de inundación

Como se puede observar en el mapa anterior, el análisis muestra 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 de presentarse una fuerte avenida. Se deduce entonces, que los elementos más expuestos lo constituyen todas las estructuras localizadas en la planicie, como 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 de estos puentes fueron destruidos con el paso del huracán Mitch, como el vado que actualmente comunica la comunidad de Cabañas con las demás comunidades aguas arriba del Río Gila. Otro elemento muy importante lo constituye la considerable superficie dedicada al cultivo de tomate, que se lleva acabo en la planicie de inundación más cercana a la comunidad de Cabañas.

En el cuadro 68 se presentan las principales características hidráulicas del Río Gila para un período de retorno de 50 años. Las características que se presentan son las que determinan el comportamiento hidráulico de la red hídrica del Río Gila y son las siguientes: caudal pico, área de la microcuenca, longitud, velocidad del agua en el canal y el número de Froude<sup>5</sup> (NF).

*Cuadro 68. Características hidráulicas período de retorno de 50 años*

<b>Microcuenca</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Caudal pico (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Velocidad agua canal (m/s)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Número de Froude</b>
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

De acuerdo al resultado de la modelación hidráulica, las Quebradas que ocasiona más daño ya que presenta una mayor velocidad de agua en el cauce, asociado a un caudal pico superior al resto, y un número de Froude supercrítico ( $> 1$ ) son las Quebradas de: Motagua, Los Salitres y Platanares; la segunda quebrada en importancia es la Quebrada El Cerro o Río Negro, que presenta un caudal superior a los demás y la velocidad del agua en el cauce es de 5,10 m/s.

<sup>5</sup> Número de Froude, NF, es una relación adimensional entre fuerzas de inercia y de gravedad.

En el régimen supercrítico (NF  $> 1$ ) el flujo es de alta velocidad, propio de canales de gran pendiente. El flujo subcrítico (NF  $< 1$ ) corresponde a un régimen de llanura con baja velocidad. El flujo crítico (NF = 1) es un estado que representa el punto de transición entre los regímenes subcrítico y supercrítico [www.geocities.com/gsilvam/canales.htm](http://www.geocities.com/gsilvam/canales.htm)

Se puede observar que las Quebradas de: San Francisco y Los Ingenios, presentan velocidades menores a las del resto y número de Froude en subcrítico ( $< 1$ ), pero su aporte en caudal es significativo, por lo que también debe dársele la importancia debida para fines de planificación.

*En anexos se presentan las salidas de la modelación hidráulica para el Río Gila, cabe destacar que las salidas el programa las da para cada una de las secciones transversales que se trazaron en los diferentes afluentes del río, esto genera una gran cantidad de información sin embargo, a manera de ilustración se presenta en anexos únicamente la información de la secciones transversales de las intersecciones de las quebradas con el Río Gila o donde las quebradas se unen con el río, así: el anexo 17 muestra la sección transversal típica y sus datos para la Quebrada Tierra Fría y el anexo 18 muestra la tabla de salida de la modelación hidráulica con información para cada período de retorno tomado en cuenta en este estudio. De igual manera se presenta la misma información pero para la Quebrada Los Salitres en los anexos 19 y 20. (Anexo 21 y Anexo 22) Quebrada San Francisco. (Anexo 23 y Anexo 24) Quebrada Los Ingenios. (*

*Anexo 25 y*

*Anexo 26) Quebrada El Cerro o Río Negro. (Anexo 27 y Anexo 28) Quebrada de Motagua. (Anexo 29 y Anexo 30) Quebrada El Prado y (Anexo 31 y*

*Anexo 32) los datos de la simulación para la Quebrada Patanares.*

#### **4.4.2 Evaluación de la amenaza a deslizamientos**

Para el análisis de esta amenaza se tomaron en cuenta cuatro factores críticos que afectan de manera directa la vulnerabilidad a deslizamientos como son la intensidad de uso del suelo, la cobertura vegetal, la pendiente y la precipitación. El análisis se basó también en el reconocimiento de campo y caracterización de los peligros derivados de terrenos inestables mediante el análisis geomorfológico, recurriendo al uso de mapas, fotos aéreas, ortofotos y corroboración en campo.

##### **4.4.2.1 Elaboración del mapa de pendientes**

La pendiente se derivó a partir de un modelo de elevación digital, para lo cual fue necesario el uso de ArcView 3.3. La pendiente se clasificó de acuerdo a una clasificación cualitativa, quedando de la siguiente manera:

Cuadro 69. Rangos de pendiente y porcentaje del área para cada rango.

Rangos de pendiente (%)	Criticidad	Valoración	% del Área	Área Km <sup>2</sup>
>40	Muy alto	4	12,9	1,21
31-40	Alto	3	32,6	17,65
21-30	Medio	2	40,1	52,29
11-20	Bajo	1	13,5	42,55
0-10	Muy bajo	0	0,9	16,80

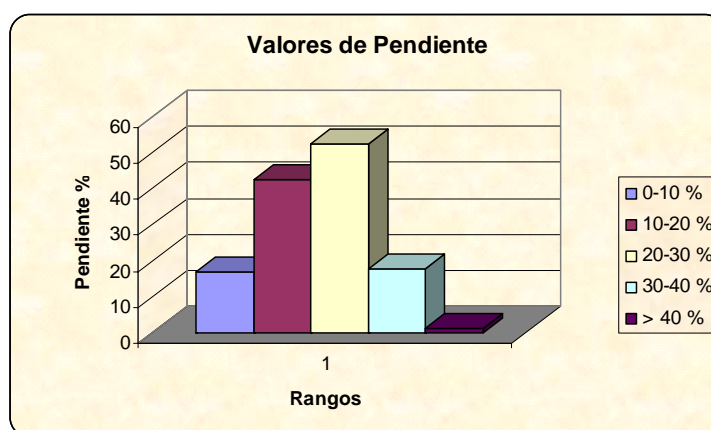


Figura 45. Valores de pendiente Microcuenca del Río Gila

Tal como puede observar en la figura 45, la Microcuenca del Río Gila presenta una topografía bastante irregular con pendientes de moderadas a fuertes en su mayoría, los rangos están entre 10 a >40%, presentando un 12,9% de superficie plana, 32,6% con pendientes suaves, 40,1% con pendientes moderadas, 13,5% con pendientes fuertes y 0,90% con pendientes muy fuertes.

#### 4.4.2.2 Mapa de precipitación

Dentro del área de la microcuenca no se encuentra ninguna estación meteorológica, siendo la más cercana la que se encuentra en La Entrada, Copán. Para la elaboración de este mapa se recurrió a la información del Atlas de Honduras elaborado por CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Este atlas integra información socioeconómica y biofísica de Honduras, para el caso de la información climatológica nacional se presenta información de lluvias anuales cada 5 km. En el cuadro 70 se muestra la información de lluvia máxima utilizada para crear el mapa de precipitación.

*Cuadro 70. Precipitación anual cada 5 km. para la Microcuenca del Río Gila.*

<b>Lluvia anual (mm)</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>
1654	270992,35	1642675,97
1696	275432,68	1642626,63
1667	279922,33	1642626,63
1549	284411,99	1642527,96
1587	270942,02	1638087,64
1591	275482,01	1638038,30
1554	279873,00	1637988,96
1481	284362,66	1637939,63
1547	270893,68	1633400,63
1508	275432,68	1633400,63
1498	279873,00	1633400,63
1462	284411,99	1633351,29
1487	270844,34	1628861,63
1507	275284,66	1628812,30
1489	279774,32	1628762,96
1471	284362,66	1628713,62

Con esta información y Arview 3,3 se realizó una interpolación de tipo Spline. Este tipo de interpolación estima valores usando una función matemática que reduce al mínimo la curvatura de la superficial total, dando como resultado una superficie lisa que pasa exactamente a través de los puntos muestreados. En este caso en los puntos de precipitación cada 5 km del Atlas de Honduras. La interpolación dio como resultado el mapa que se presenta en la figura 46.

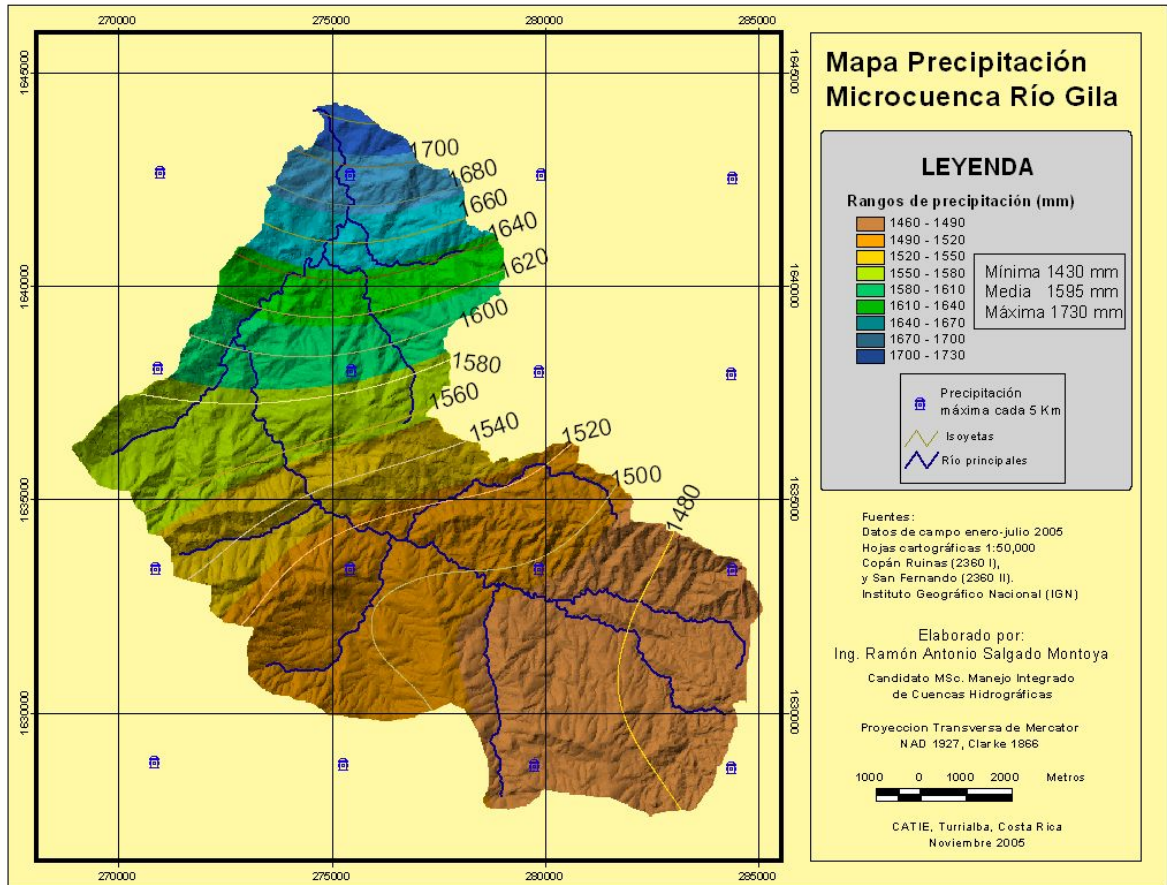
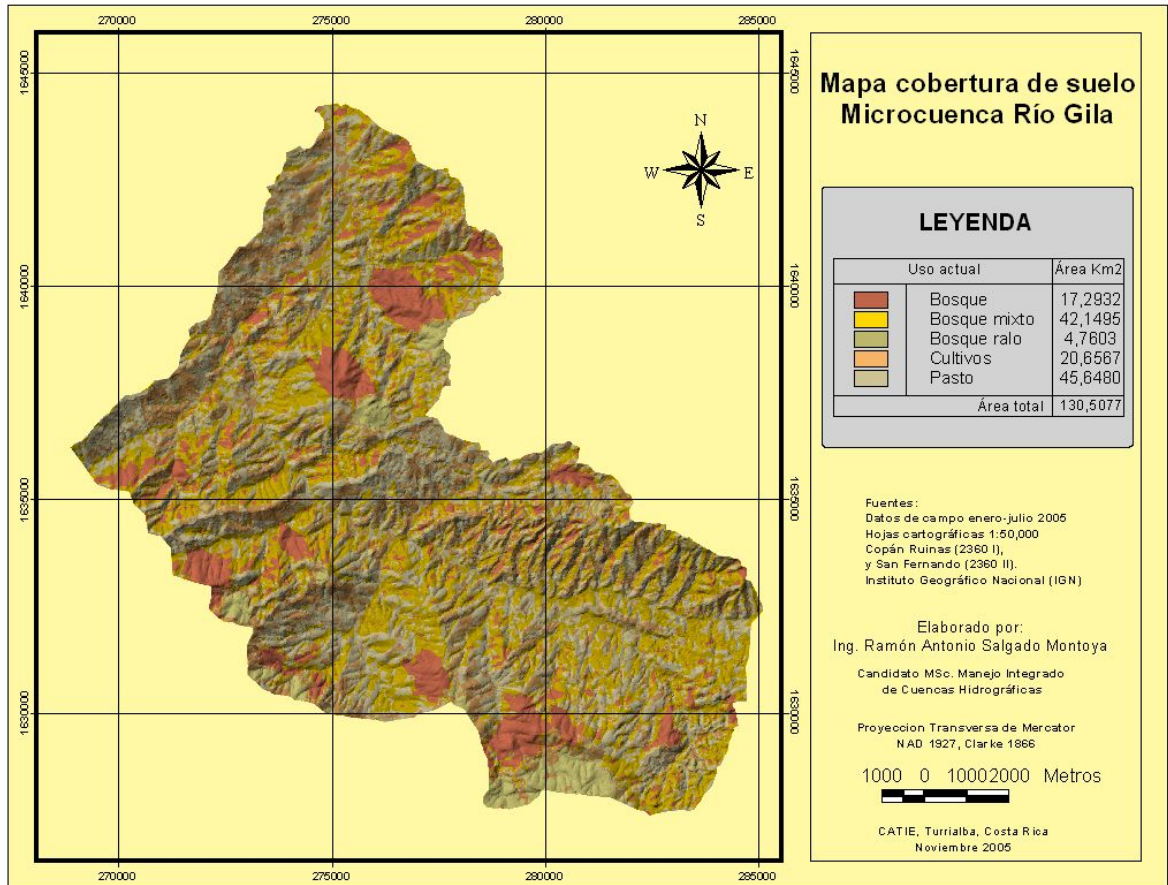


Figura 46. Mapa de precipitación (Interpolación Spline).

#### 4.4.2.3 Uso actual del suelo.

Se determinó con base en la imagen de satélite del 2001 para la zona, proporcionada por el laboratorio SIG del CATIE. Para el análisis de la imagen de satélite se utilizó ArcView y la extensión Image Analysis, para crear una clasificación supervisada. En este proceso, se seleccionan píxeles<sup>6</sup> que representan patrones que el operador reconoce, o pueden identificar con la ayuda de otras fuentes, en este caso visitas de campo. Los resultados muestran que el 49,2% del área cuenta con cobertura boscosa, entre bosque de pino y principalmente bosque latifoliado, incluyendo en este último el cultivo de café. El 15,8% se utiliza para agricultura principalmente maíz, frijoles y en algunos sectores de la comunidad de Cabañas cultivo del tomate. El 35% del área está destinada a pastizales o crianza de ganado vacuno. La figura 47 muestra el uso actual de la Microcuenca del Río Gila.

<sup>6</sup> Píxeles: unidad básica de información gráfica que se refiere a cada uno de los puntos indivisibles que conforman una imagen en la pantalla del ordenador. A mayor densidad de píxeles, mayor calidad de imagen, normalmente. [teleenfermeria.iespana.es/teleenfermeria/tecnoglosario.htm](http://teleenfermeria.iespana.es/teleenfermeria/tecnoglosario.htm)



*Figura 47. Uso actual Microcuenca del Río Gila.*

#### 4.4.2.4 Intensidad de uso del suelo

Los pobladores de las cuencas realizan acciones y modificaciones del medio, acorde a sus diferentes actividades, lo que provoca el efecto positivo o negativo de los recursos naturales, que desde el punto de vista de los estudios de amenazas se ha denominado “amenaza inducida”. Tal amenaza se debe entender como el grado de intervención de los habitantes de la cuenca, o sea el desarrollo de las actividades de uso de la tierra relacionados con el potencial que esta tenga para el soporte de los diferentes usos que se hagan sobre este territorio (Saborío, 2003).

Con el propósito de tomar en cuenta el efecto de amenazas inducidas se realizó la comparación entre el uso de la tierra frente a la capacidad de uso, con la sobreposición aritmética de estos mapas se obtuvo la amenaza inducida o intensidad de uso del suelo.



Para elaborar el mapa de capacidad de uso se utilizó una sobreposición aritmética del mapa de pendientes, así como el mapa de suelos según la clasificación de Simmons y Castellanos. Los resultados de este sobreposición fueron los siguientes: un 36,84% del área de la microcuenca tiene una capacidad de uso forestal (48,13 km<sup>2</sup>), el área para uso agrícola se estima en 27,97 % (36,54 km<sup>2</sup>), el área para pastizales o crianza de animales se estima en 35,09 % (45,84 km<sup>2</sup>).

Con el mapa de capacidad de uso y el mapa de uso actual se realizó una sobreposición aritmética para obtener el mapa de intensidad de uso. Los resultados de esta sobreposición indican que el 37% (48,29 km<sup>2</sup>) del área esta siendo utilizada correctamente y corresponde a las zonas boscosas y de cultivo (principalmente las zonas planas), el 35% (45,68 km<sup>2</sup>) esta en sobre uso y 28 % (36,54 km<sup>2</sup>) esta siendo utilizado por debajo de su capacidad. La figura 48 muestra la sobreposición aritmética, que dio como resultado la intensidad de uso del suelo en la microcuenca en estudio.

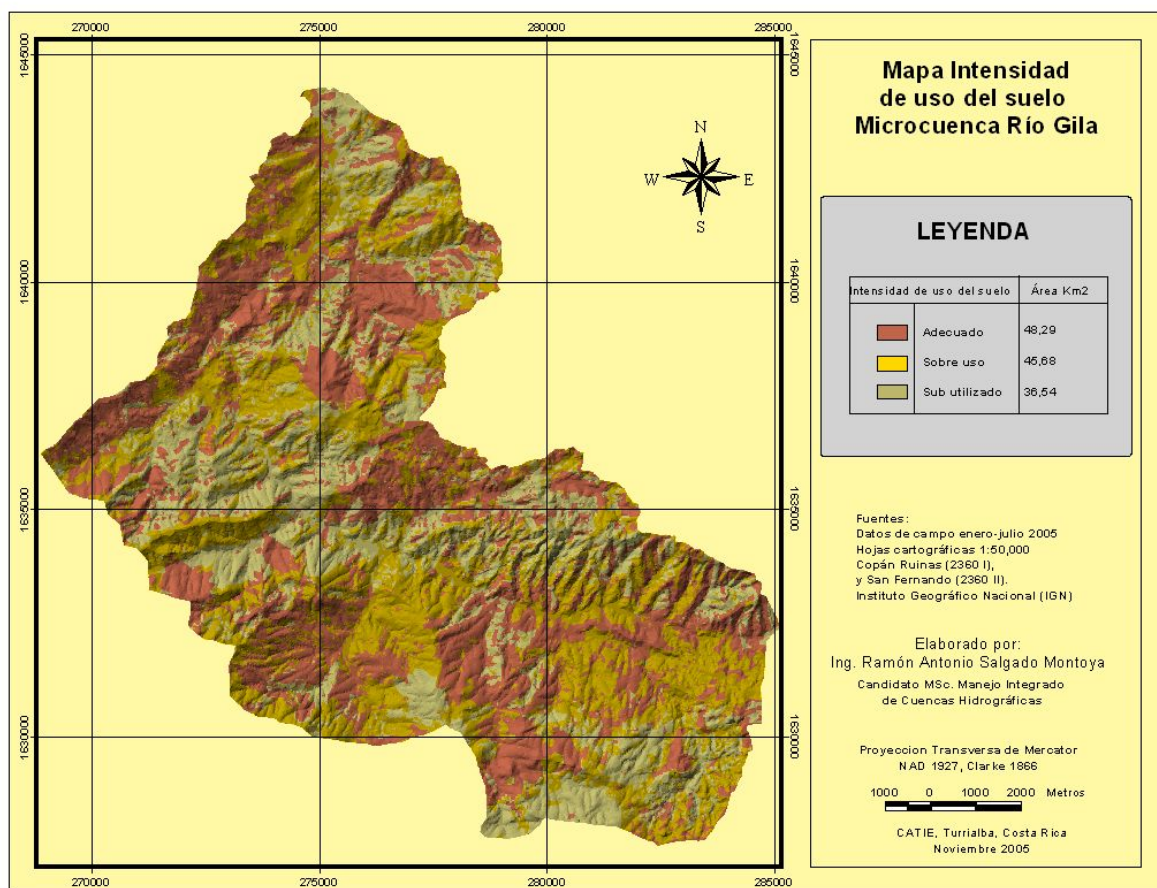


Figura 48. Intensidad del uso del suelo Microcuenca del Río Gila.



#### 4.4.2.5 Determinación de las áreas críticas a deslizamientos.

Fue el resultado de la sobreposición ponderada de los mapas de los cuatro indicadores propuestos a los cuales se les asignaron pesos relativos de acuerdo a la importancia que cada uno tiene sobre 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%.

Los resultados de la sobreposición indican que la microcuenca presenta un 4% con criticidad muy baja, 51% con criticidad baja, 39% con criticidad media y 6% de criticidad alta. En la figura 49 se muestra los niveles de criticidad para el riesgo a deslizamientos en la microcuenca y la figura 50 muestra el mapa de las áreas críticas para la Microcuenca del Río Gila.

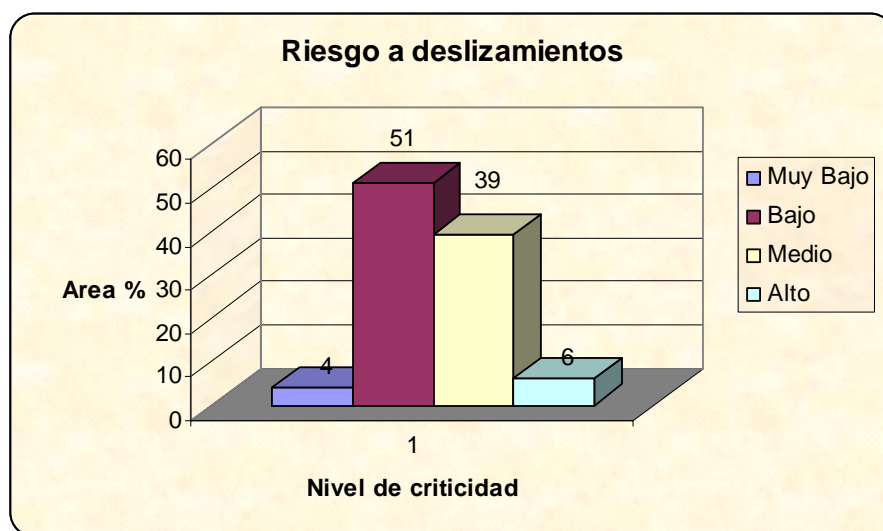


Figura 49. Nivel de criticidad con base al porcentaje de área,

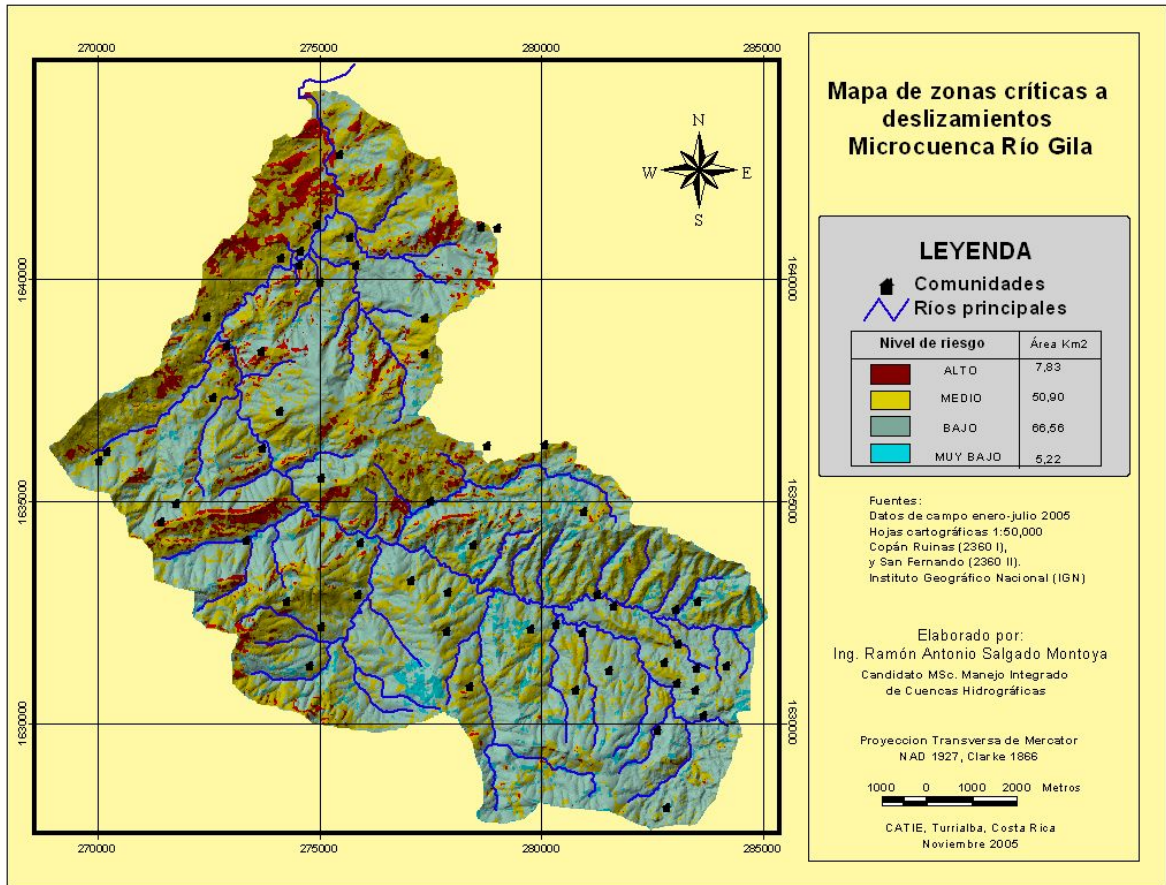


Figura 50. Mapa de áreas críticas de la Microcuenca del Río Gila.

El análisis refleja que de las comunidades evaluadas, la comunidad de Cabañas es la que presenta mayor peligro a deslizamientos por lo que el 15% del área de esta comunidad se encuentra bajo un riesgo alto, mientras que el 57% del área se encuentra bajo riesgo medio, la densidad poblacional de esta comunidad es de 145,5 hab/ km<sup>2</sup>.

Así también las comunidades, aldeas y caseríos que se encuentran a 100 metros o menos de distancia de las zonas de más alto riesgo a deslizamientos son: Barrio El Tigre, Golfito, El Playón, Plan de Perico (dentro de la comunidad de Cabañas), Barbasqueadero, San Antonio de Miramar, La Cumbre de San Juan y Vega Redonda.

#### 4.5 Evaluación del mapeo comunitario

En los Talleres Participativos de Diagnóstico Comunitario que se realizaron en las veintiún (21) comunidades que forman parte de la Microcuenca del Río Gila, se utilizó el instrumento metodológico de toma de decisiones para el manejo sostenible de los Recursos

Naturales y la subsiguiente reducción del riesgo a deslizamientos e inundaciones denominado “Mapeo comunitario de riesgo”.

Este instrumento metodológico se utilizó con el propósito de:

- Obtener información actualizada sobre los recursos naturales de las 21 comunidades que forman parte de esta unidad hidrográfica.
- Facilitar y guiar a los informantes clave que participaron en los talleres participativos de diagnóstico comunitario de riesgo, en el diseño del mapa de su comunidad.
- Reconocer junto con los informantes clave de las comunidades las diferentes áreas de riesgo específicamente a las amenazas provocadas por deslizamientos e inundaciones.

Para aplicar el instrumento metodológico los informantes clave con ayuda de los facilitadores (técnicos UMA de Cabañas, CASM y APP) elaboraron el respectivo mapa de su comunidad y definieron las diferentes áreas de su comunidad que están en riesgo, así como identificaron la infraestructura de mayor riesgo (viviendas). Cabe destacar que la valiosa e importante información contenida en estos mapas, es la percepción local que tienen los informantes clave del estado actual y calidad de sus recursos naturales.

Este ejercicio se realizó con el propósito de concretizar visualmente la visión que los habitantes de las comunidades tienen de su espacio físico natural y de sus recursos naturales. De hecho, fue una práctica en la que participaron varias personas, mujeres y hombres, quienes conjuntamente construyeron el mapa de su respectiva comunidad.

El diseño del mapa de cada comunidad permitió conocer mejor el espacio físico y ayudó a definir siempre con la participación de los colaboradores clave, si existe una sola zona o diferentes zonas de riesgo (deslizamientos e inundaciones) dentro de su comunidad.

La confección de cada mapa se inició con la delimitación de la comunidad, según los criterios locales y comparados con la información que maneja el INE (Instituto Nacional de Censo y Estadística) sobre el área de las comunidades. Se incluyeron los cerros (montañas), los caminos, los ríos y quebradas, escuelas, iglesias, fincas, viviendas, los principales sistemas de producción, entre otros aspectos, El resultado fue la obtención de 21 mapas muy precisos y con muchos detalles.

La información recolectada en los mapas comunitarios de riesgo fue comparada con la información creada con SIG, en la figura 51 se muestra una porción del área de la cuenca que corresponde a la comunidad de Las Junta, ubicada en la parte alta de la microcuenca; en el mapa comunitario la comunidad identificó la cobertura de suelo así como la ubicación de lo que para ellos son las zonas de más riesgo en cuanto a deslizamientos e inundaciones.

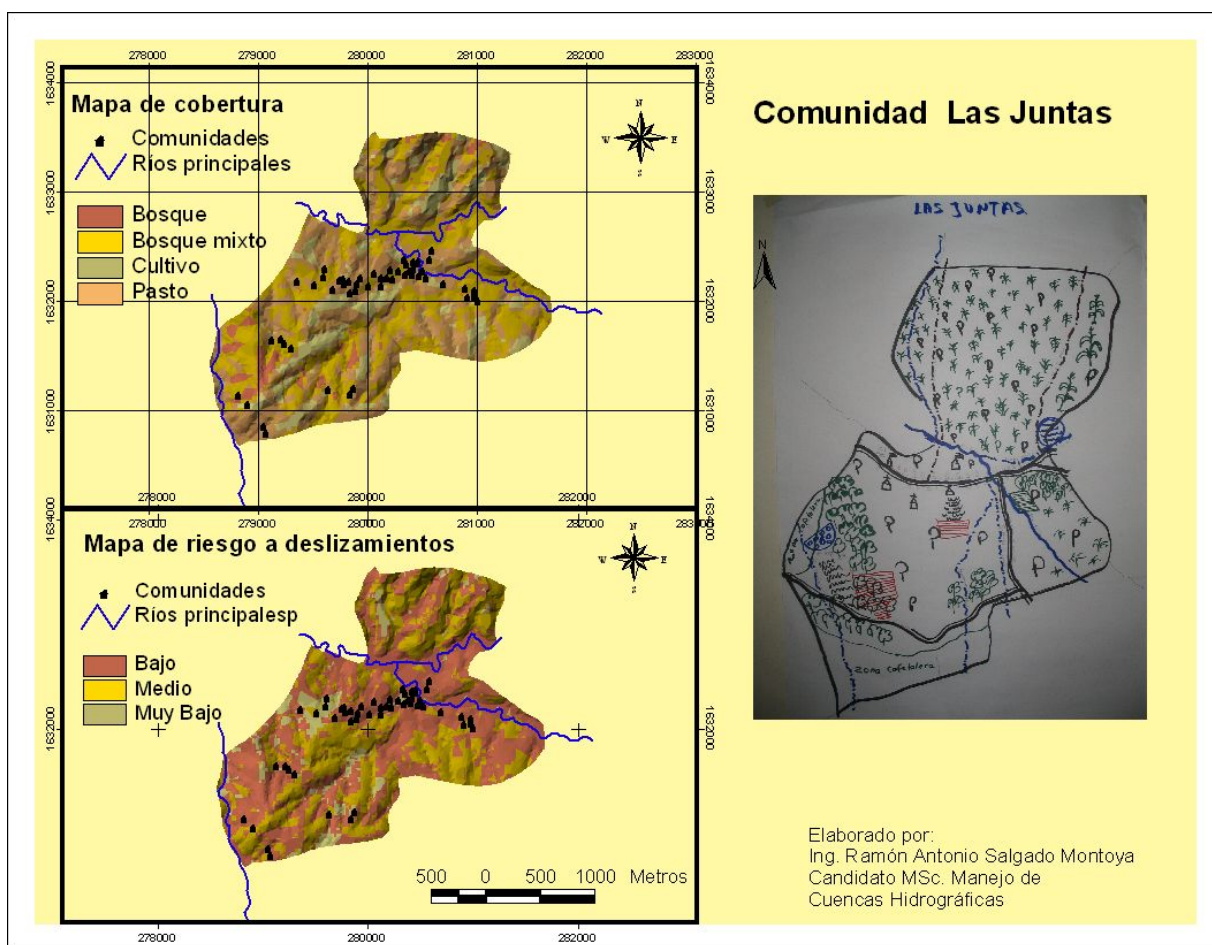


Figura 51. Mapa comunitario Las Juntas comparado con mapas ArcView

En la figura anterior se puede ver la relación que existe entre lo elaborado con técnicas de mapeo utilizando SIG y lo elaborado por los participantes del taller de mapeo comunitario desarrollado en la comunidad de Las Juntas.

El mapa de la parte superior izquierda de la figura anterior muestra el mapa de cobertura según la clasificación supervisada que se realizó haciendo uso de ArcView y la imagen de satélite de la zona, donde se puede apreciar que la mayor cobertura es de pasto y

cultivo, esto concuerda con el mapa creado por la comunidad ya que ellos en su mayoría presentan una cobertura de pastos y cultivos.

El mapa de la parte inferior izquierda representa el modelo de riesgo a deslizamientos para la comunidad de Las Juntas. En este modelo se identifica un riesgo medio en la zona esto tomando en cuenta las condiciones de pendiente, cobertura, precipitación e intensidad de uso. No se identifican según el modelo zonas de riesgo alto. Sin embargo, estas zonas de riesgo medio se convierten en zonas de alto peligro para esta comunidad en términos de prevención y mitigación de riesgo. El mapa elaborado por los actores clave de la comunidad define las zonas de riesgo a deslizamientos (color rojo), mismas que concuerdan con las zonas de riesgo medio que muestra el mapa del modelo desarrollado, lo que supone que la comunidad, en este caso los actores clave, tienen bastante conocimiento y que con ayuda de ellos se pueden hacer diagnósticos rápidos acerca de los problemas que hay en su comunidad y elaborar los mapas de riesgo o de otra clase según sea el análisis.

La diferencia que se vio entre lo establecido por los informantes clave de cada una de las comunidades y lo realizado con SIG fue que los habitantes marcaron los lugares muy puntuales, donde el efecto era muy visible o actual en el caso de deslizamientos, en cambio con el uso de SIG, se pueden definir otras zonas que de acuerdo a los parámetros o indicadores y sus pesos no se pueden determinar a simple vista.

Con los resultados obtenidos de este objetivo, se muestra a través de este ejercicio práctico y sencillo, que la elaboración de mapas, no es un asunto exclusivo de técnicos, ni de técnicas especializadas, sino de explotar las capacidades que las comunidades poseen y que no han sido aprovechadas (y en el peor de los casos ni descubiertas) por organismos, instituciones y autoridades presentes en la zona de estudio.

También se muestra la importancia del mapeo en los procesos de planificación participativa del desarrollo de las comunidades y sus territorios, fortaleciendo las capacidades comunitarias, en cuanto al abordaje de la problemática del desarrollo comunitario y su incidencia en el municipio desde la visión y práctica de la gestión de riesgos.

### **Lecciones aprendidas de este ejercicio de mapeo comunitario**

- Es necesario que los dibujantes sean personas de la comunidad mapeada, para evitar influencias externas, que sean ellos mismos los que decidan, uno solo servir de facilitador y orientador del proceso.
- Es recomendable (aunque no es obligatorio como lo demuestra esta experiencia) hacer los mapas en las mismas comunidades. Cuando no se pueda, mientras más representantes hay mejor, a menos que el representante tenga un conocimiento muy amplio de su comunidad.
- Es necesario llevar mapas oficiales (o fotografías actualizadas de la zona) a la menor escala posible.
- El escanear fotocopiar o imprimir, los mapas oficiales ahorra tiempo a la hora de agrupar mapas de comunidades vecinas.

## **4.6 Estrategias para la gestión del riesgo**

La gestión del riesgo se refiere a la capacidad de una comunidad de manejar y transformar las condiciones que permiten o favorecen un desastre, antes que éste ocurra, Se fundamenta en el conocimiento de los factores (amenazas y vulnerabilidad) que al combinarse producen efectos negativos (desastre) en una comunidad y el ambiente.

Las cuencas hidrográficas, por ser la unidad física en la cuál tienen lugar todos los procesos naturales, son asimismo la unidad natural y lógica para el desarrollo agrícola, ambiental y socioeconómico. Con el crecimiento demográfico y el aumento de las necesidades de urbanización, industrialización y producción de alimentos, los efectos de la actividad antropogénica ya no se limitan sólo a zonas pequeñas ni a una comunidad en particular; deben examinarse en el contexto más amplio en el que ocurren.

Para que el manejo de las cuencas, en este caso el manejo de la Microcuenca del Río Gila tenga éxito y contribuya a la reducción de la vulnerabilidad y la consecuente reducción del riesgo en la zona, al menos se debería contar con los siguientes elementos:

- Que se conciba la microcuenca como un sistema integral, en el cual los flujos de agua actúan como ejes naturales para la interrelación entre los múltiples componentes de la misma.

- Evitar que existan estructuras permanentes en las llanuras aluviales. Las llanuras aluviales han sido predilectas para asentamientos por la fertilidad de sus suelos o la disponibilidad de una tierra plana. A medida que las poblaciones aumentan y hay más competencia por la tierra y sus recursos, se están ocupando zonas con mayores riesgos potenciales, como montañas y laderas escarpadas. Los ocupantes de esas zonas son vulnerables a los riesgos asociados en forma individual o combinada, como deslaves e inundaciones.
- Tomando en cuenta que el 51% de la microcuenca se encuentra deforestada, se debe asegurar que los pocos bosques riparios existentes sean protegidos, de esta manera, se asegura que todos los cursos de agua tengan zonas de amortiguamiento, con el fin de controlar la sedimentación y la contaminación.
- De acuerdo al mapa de capacidad de uso para la Microcuenca del Río Gila, un 35% de la microcuenca está siendo sobre utilizada, por lo que no se debe permitir en las zonas con pendientes fuertes actividades agrícolas intensivas superiores a un porcentaje establecido que refleje la capacidad de uso de la tierra.
- Tomando en cuenta la información del mapa de uso del suelo para la Microcuenca del Río Gila, el 49% de la microcuenca tiene una cobertura de bosque. La principal reserva boscosa está ubicada en la parte alta y corresponde a la zona protegida de La Fortuna, se debe limitar la tala de esta zona, haciendo énfasis en la conservación, producción y manejo sostenible de este bosque.
- En concordancia con lo anterior y contribuir al manejo sostenible de la microcuenca, se deben establecer mecanismos de pago por servicios ambientales que permitan el manejo de la microcuenca y con ello la mitigación de desastres.
- Que se cuente con mecanismos de cooperación y coordinación interinstitucional, entre la municipalidad de Cabañas, programas, proyectos y ONG que trabajan en la zona, a manera de optimizar los recursos tanto financieros como técnicos y contribuir de esta manera con el desarrollo del municipio.

Cabe destacar que como producto de la coordinación institucional se desarrolló un taller para la creación del Comité de Emergencia Municipal (CODEM) que junto con el Comité de Cuenca de la zona y las demás instituciones presentes deben utilizar esta investigación como base para trabajar en la prevención y mitigación de desastres

(inundaciones y deslizamientos) y a su vez formular y gestionar proyectos encaminados a la reducción de la vulnerabilidad en la zona, (especialmente aquellas que según la evaluación realizada resultaron con valores altos como la vulnerabilidad técnica, institucional, educativa, económica, ecológica y física).

Como parte de la estrategia planteada de integración del manejo integral de cuencas hidrográficas con la prevención, mitigación y rehabilitación por desastres naturales, se proponen las siguientes acciones prioritarias:

- Fortalecimiento de capacidades locales para la gestión del riesgo. Implementar acciones dirigidas directamente a la sociedad civil y en particular a los niveles comunitarios y municipales. Fomenta actividades de fortalecimiento de las estructuras y capacidades locales en mitigación de desastres (creación de los comités de emergencia comunitaria o local). Esta actividad debe ser liderada por la municipalidad de Cabañas y apoyada por las instituciones presentes y ONG tales como CASM, FOCUENCAS II, MANCORSARIC y Proyecto Norte de Copán, entre otras.
- Se debe promover la planificación racional del uso de las tierras para viviendas, infraestructura, así como el manejo idóneo de los recursos naturales, promoviendo el uso de tecnologías de conservación de suelos, agua y bosque, con métodos tales como: transferencia de tecnologías sostenibles a agricultores de laderas y a obras físicas para controlar las fuentes naturales de erosión, con evaluación y recomendación de prácticas tales como: cultivos en contorno o a nivel, barreras vivas, abonos orgánicos, entre otras. Esta actividad debe ser apoyada por instituciones y ONG, que actualmente están trabajando en la zona bajo esta modalidad como: Proyecto Norte de Copán, CASM.
- Promover la protección de la microcuenca en sus partes críticas y la restauración de sistemas ecológicos, clave para mitigar los efectos de futuros desastres naturales (manejo de zonas protegidas como el área de La Fortuna) especialmente en la zona de La Fortuna fomentar el ordenamiento de los sistemas de producción, a fin de optimizar la productividad y mejorar los ingresos económicos de los pobladores de la zona.
- La educación es un recurso vital para la concientización sobre el medio ambiente, Sólo a través del entendimiento de las relaciones entre los ecosistemas y los efectos a largo



plazo de la degradación se verá la gente motivada a actuar, por lo que se deberá promover la educación ambiental e implementarla en el sistema de educación de la zona tanto formal como informal. Así como también se debe gestionar y coordinar con las instituciones y autoridades competentes un proceso que permita la alfabetización de todos los pobladores dentro de la microcuenca. En esta actividad se debe buscar la colaboración del gobierno central a través de la secretaria de educación.

- Se deberá realizar la respectiva gestión y coordinación con las instituciones y autoridades competentes, para agilizar la construcción y en algunos casos el mantenimiento de la infraestructura existente para prevención de desastres, (construcción del puente que comunica al casco urbano de Cabañas con las diferentes comunidades dentro de la microcuenca, ya que este es la principal vía de acceso). En esta actividad juega un papel importante Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI), por lo que se debería buscar el mecanismo para solicitud de apoyo.
- Reforzar las relaciones institucionales, tales como la participación activa y coordinada de las instituciones en la formulación y ejecución de planes de prevención tendientes a reducir la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos de la microcuenca, y solicitar ayuda en aspectos de capacitación, asesoría, infraestructura y mantenimiento a niveles medios y altos a instituciones como el Comité Permanente de Contingencias (COPECO), Policía Nacional, Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), Asociación de Municipios de Honduras (AMHON) y Secretaría de Obras Públicas Transporte y Vivienda (SOPTRAVI), entre otras.
- Propiciar mejoras en las condiciones de viviendas de la población; básicamente en cuanto al tipo de construcción y ubicación de las casas en relación con las amenazas evaluadas inundaciones y deslizamientos.
- De acuerdo a los resultados la vulnerabilidad económica que fue una de las vulnerabilidad que resultó con una calificación muy alta, es recomendable que se fomente el ordenamiento de los sistemas de producción a nivel de fincas y comunidades a fin de diversificar la producción agropecuaria en la zona y contribuir a la reducción de la dependencia económica (actualmente definida por la cosecha de café) y de esta manera contribuir a mejorar el nivel de vida de los pobladores de la microcuenca.

En síntesis y tal como lo establece la Federación de Municipios del Istmo Centroamericano (FEMICA) en su libro de texto del programa de capacitación municipal, la gestión de riesgo debe ser sistémica, multisectorial, descentralizada y participativa. Debe basarse en la prevención, realizándose la mayoría de las acciones en todo tiempo y lugar, donde se involucren todos los sectores de la sociedad, público y privado, sector productivo, actores sociales, y los gobiernos municipales.

La estrategia de implementar un Programa de Prevención de Desastres y Gestión del Riesgo, debe centrarse en el apoyo de iniciativas que propicien los cambios estructurales y culturales necesarios en las siguientes áreas: fortalecimiento institucional en la gestión del riesgo, ordenamiento del territorio y manejo de cuencas, el apoyo a iniciativas y acciones que relacionen la reducción de la causalidad social, política, económica y ambiental de los desastres y actividades de investigación en ciencias de la tierra y los aspectos sociales, políticos, económicos y ambientales relacionados con las amenazas naturales y la vulnerabilidad.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

#### **De las metodologías empleadas**

- La delimitación de las áreas inundables, se efectuó a través de un estudio hidráulico que mostró los niveles de agua en el río, en función de diferentes períodos de retorno, para lo cual se emplearon los modelos HEC-HMS y HEC-RAS, estos modelos pueden emplearse siempre y cuando sean para este fin, para la recomendación de obras deberán realizarse otros estudios mas detallados como comportamiento dinámico del río.
- En la zona existe una disponibilidad muy limitada de información climatológica (precipitación y caudales) lo que limita la simulación hidrológica.
- La información cartográfica de la zona es limitada, por lo que el mapa de áreas susceptibles a inundaciones presentado en este estudio ha sido preparado con base en hojas cartográficas en escala 1:50.000 como una referencia cartográfica preliminar. Dicho mapa constituye una herramienta de planificación, pero no puede ser utilizado para el diseño de obras, ya que esto implica la utilización de mapas en escalas que ofrecen mayor detalle, tales como 1:5.000 o 1:10.000.

#### **Para el análisis de vulnerabilidad**

- Se crearon mapas de vulnerabilidad para la Microcuenca del Río Gila, de acuerdo a un esquema de clasificación cualitativa: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, que comprenden las variables inundaciones y deslizamientos, concluyendo que la vulnerabilidad global para ambas variables se encuentra dentro de la categoría de alta (64,59% para deslizamientos y 68.9% para inundaciones).
- La microcuenca presenta mayor vulnerabilidad en la parte técnica, institucional, educativa, económica y física; la menor vulnerabilidad se presenta en la parte política, ideológica y social.
- Las comunidades que presentan una vulnerabilidad alta a inundaciones son las comunidades de: Cabañas, Río Negro, Las Juntas, Descombros y Platanares.

### **Sobre el análisis de amenazas,**

- El caudal pico de cada microcuenca es proporcional al área, la condición hidrológica, capacidad hidrológica y la cobertura vegetal. Las microcuencas que presenta un mayor caudal son: El Cerro o Río Negro, Motagua y San Francisco. La Microcuenca del Platanar presenta los menores caudales picos.
- De acuerdo al mapa de intensidad de uso en la Microcuenca del Río Gila, el 37% del área está siendo utilizada correctamente y corresponde a las zonas boscosas y de cultivo (principalmente las zonas planas), el 35% está en sobreuso y 28% está siendo utilizado por debajo de su capacidad.
- Los resultados de la sobreposición para determinar las áreas críticas a deslizamientos indican que la microcuenca presenta un 4% con criticidad muy baja, 51% con criticidad baja, 39% con criticidad media y 6% de criticidad alta.
- El mapa de áreas críticas a deslizamientos muestra que las comunidades, aldeas y caseríos que se encuentran a 100 metros o menos de distancia de las zonas de más alto riesgo a deslizamientos son: Barrio El Tigre, Golfito, El Playón, Plan de Perico (dentro de la comunidad de Cabañas), Barbasqueadero, San Antonio de Miramar, La Cumbre de San Juan y Vega Redonda.

### **Sobre el mapeo comunitario de riesgo**

- Los ejercicios de mapeo resultan ser 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, El método presentado en este documento no solo le permite a un externo aproximarse a las dificultades de una comunidad, sino que le permite discutir con ella y desarrollar una estrategia para cambios a futuro.
- La comparación del mapeo comunitario de riesgo con los mapas elaborados con SIG, resultó tener bastante semejanza. El mapeo comunitario mostró lugares muy puntuales de riesgo, sin embargo, con SIG se pueden identificar con precisión otros sitios de riesgo tomando en consideración aspectos como: pendiente, cobertura, intensidad de uso y precipitación, que no pueden ser identificados a simple vista.

## 5.2 Recomendaciones

- Respecto al riesgo por inundaciones se requiere de un estudio a detalle del comportamiento hidrodinámico del río, que conlleve a la valoración de alternativas de protección, sean obras de protección o de control del cauce (dragado o disminución de pendiente), o bien de obras civiles, como dique u otras.
- Elaborar el Plan de Emergencia Municipal tomando en cuenta los lineamientos planteados en este estudio como base para la gestión del riesgo en la zona.
- Mejorar la red de medición climática del área, de tal forma que permita contar con datos puntuales de la zona
- Establecer un sistema de alerta temprano como método de mitigación y preparación ante inundaciones y deslizamientos.
- No utilizar las zonas tradicionalmente inundables, como son las riberas de los ríos, quebradas, lechos abandonados y llanuras de inundación para ubicar asentamientos humanos y uso del suelo.
- Considerar la creación e implementación de programas de educación ambiental, formal e informal, dentro de las organizaciones comunales y centros educativos dentro de la microcuenca, como una forma de sensibilización social con respecto a los problemas de riesgo en que están inmersos.
- Se recomienda la implementación de prácticas que correspondan a proyectos de conservación de suelos, con métodos tales como: transferencia de tecnología sostenibles a agricultores de ladera y a obras físicas para controlar las fuentes naturales de erosión, con evaluación y recomendación de practicas tales como cultivos en contornos o a nivel, diques, barreras vivas, abonos orgánicos, entre otras.

## 6. LITERATURA CITADA

- Agencia Internacional para el Desarrollo de Estados Unidos. US (USAID). 2000. Manejo de cuencas hidrográficas para la reconstrucción después de los huracanes y reducción de los desastres naturales ante los desastres naturales.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2004. Gestión de riesgo a desastres naturales. Consultado el 07 de nov. de 2004. Disponible en internet [www.iadb.org/sds/ENV/site\\_2493\\_s.htm](http://www.iadb.org/sds/ENV/site_2493_s.htm).
- Cáceres Johnson. K. 2001. Metodologías para estimar degradación y vulnerabilidad a desastres naturales: aplicación a la microcuenca Los Naranjos. Lago de Yojoa. Honduras. Tesis MSc. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 124 p.
- Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL) 2000. La reducción de la vulnerabilidad un tema de desarrollo. 45p.
- Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL) 1999. Honduras evaluación de los daños ocasionados por el Huracán Mitch 1998: sus implicaciones para el desarrollo económico, social y del medio ambiente. Honduras. 104p.
- Dictionary of GIS terms. Association for Geographic Information and the University Of Edinburgh Department of Geography. Consultado el 13 de octubre del 2004. Disponible en internet [www.geo.ed.ac.uk/agidict/welcome.html](http://www.geo.ed.ac.uk/agidict/welcome.html) - 4k
- DRH-SERNA (Dirección de Recursos Hídricos-Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente). 2005. Datos hidrometeorológicos: Resumen en hojas electrónicas de excel de datos mensuales de estación pluviométrica La Entrada, período 1973-2004. Honduras
- Estructuras en Canales. Para Yc: Ecuación del Flujo Crítico (Número de Froude = 1) Domínguez, F. HIDRAULICA. Editorial Universitaria. Universidad de Chile. 1974. consultado el 06 de noviembre del 2005. Disponible en [www.geocities.com/gsilvam/canales.htm](http://www.geocities.com/gsilvam/canales.htm)

- Faustino. J. 1999. Gestión y manejo de microcuencas: Material para un curso intensivo, conceptos. Diagnóstico, planificación y manejo. San Salvador. El Salvador. 70 p.
- Federación de Municipios del Istmo Centroamericano (FEMICA). Libro de texto. Programa de capacitación municipal: “Prácticas exitosas sobre manejo de servicios ambientales para poblaciones vulnerables a desastres ambientales en ciudades de América Central”64p.
- Gómez Rivera. S. N. 2003. Análisis de la vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del Río Aguas Calientes. Somoto. Nicaragua. Tesis MSc. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 78 p.
- HEC-RAS (River Analysis System ).1995. Hydraulic reference manual. Versión 1.0. Davis. C.A. US Army Corps of Engineers. p. irr.
- HEC-RAS (River Analysis System ) 2001. Hydraulic reference manual Version 3.0. Davis. C.A. US Army Corps of Engineers. p. irr.
- HEC-HMS (Hydrologic modeling system). 2000. Technical reference manual Davis. CA. US Army Corps of Engineering Center. p. irr
- IGN (Instituto Geográfico Nacional. Honduras). 1993. Mapa topográfico de Honduras: hoja Copán Ruinas Copán Ruinas (2360 I) Escala. 1:50.000.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional. Honduras). 1993. Mapa topográfico de Honduras: hoja de San Fernando (2360 II). Escala. 1:50.000.
- International Office for Water (OIEAU). Definición del riesgo. Resulta de dos parámetros Vulnerabilidad y el Imprevisto Aleatorio. (En línea). Francia. Consultado el 20 de oct. 2004. disponible en [www.oieau.fr/inondations/esp/chap1/defrisq.htm](http://www.oieau.fr/inondations/esp/chap1/defrisq.htm)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). 2003. Amenaza por deslizamientos y otros procesos exógenos. (En línea). Nicaragua. Consultado el 20 de oct. 2004. Disponible en [www.ineter.gob.ni/geofisica/desliza/amenaza.htm](http://www.ineter.gob.ni/geofisica/desliza/amenaza.htm)

Jiménez. F. 2004. Apuntes clase del curso de Manejo de Desastres Naturales. CATIE 2004.

Jiménez. F.; Faustino. G.; Velásquez. S. 2004. Análisis integral de la vulnerabilidad de amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Latina. CATIE.

Leonelli. M. 2000. Prevención, atención y mitigación de desastres: un enfoque global. Taller de mitigación de desastres naturales. San Pedro Sula Honduras del 7-9 diciembre 2000. 85p.

Lavell. A. 1993. Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso. Los desastres no son naturales. Marskey. A. comp. CO. La Red. 111-127p.

MANCORSARIC (Mancomunidad de municipio de Copán Ruinas. Santa Rita. Cabañas y San Gerónimo). 2003. Perfil de proyecto: Manejo de la subcuenca del Río Copán para la protección del parque arqueológico de Copán Ruina. Presentado a la secretaria de recursos Naturales y Ambiente (SERNA) Honduras. Documento elaborado con la cooperación técnica del CATIE.

National Center for Geographic Information and Análisis (NCGIA) definición de sistemas de información geográfico (SIG) consultado el 13 de octubre del 2004. Disponible en [www.nosolosig.com/quesig.html](http://www.nosolosig.com/quesig.html) - 31k

Programa Frontera Agrícola (PFA). 1998. Mapa participativo, de la comunidad a la computadora. Primera experiencia de mapeo en el programa frontera agrícola. Panamá. 17p.

Programa Innovación. Aprendizaje Y Comunicación para la Co-Gestión Adaptativa de Cuencas (FOCUENCAS II). 2004. Resumen ejecutivo del Programa. Turrialba. Costa Rica. 24p.

Proyecto de Desarrollo Ambiental de Honduras (PRODESAMH). 2000. Taller de mitigación de desastres. San Pedro Sula Honduras. 7-9 diciembre del 2000. 85p.



- Rivera Torres. L. H. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad. Valle de Ángeles. Honduras. Tesis MSc.. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 158 p.
- Reyes Sandoval. W. M. 2003. Vulnerabilidad a desastres naturales. determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la Microcuenca del Río Talgua. Catacamas. Honduras. Tesis MSc.. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 133 p.
- Saborio. J. 2003. Estudio del riesgo integral en la cuenca del Río Savegre. ICE proyectos y servicios asociados. CR. 78p.
- Velásquez. S. 2004. Apuntes clase del curso Sistema de Información Geográfica (SIG). CATIE 2004.
- Villon. M. 2002. Hidrológica. Serie de ingeniería agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Cartago. CR. 436p.
- Wilches-Chaux. G. 1993. La vulnerabilidad Global. In Los desastres no son naturales. Marskey. A. Comp. CO. La Red.
- .  
[www.ing-agronomos.or.cr/documents/LaCuenciaHidrografica.doc](http://www.ing-agronomos.or.cr/documents/LaCuenciaHidrografica.doc). Zúñiga, I. La cuenca hidrográfica: Hacia un concepto integral.

## **ANEXOS**

*Anexo 1. Datos del hietograma de la tormenta Mitch para la Microcuenca del Río Gila.*

Fecha	Tiempo (min)	Lluvia (mm)	Fecha	Tiempo (min)	Lluvia (mm)
29/10/1998	11:50	0.00	29/10/1998	21:00	0.7
29/10/1998	12:00	0.20	29/10/1998	21:10	0.60
29/10/1998	12:10	0.20	29/10/1998	21:20	1.30
29/10/1998	12:20	0.60	29/10/1998	21:30	1.80
29/10/1998	12:30	1.00	29/10/1998	21:40	1.10
29/10/1998	12:40	1.80	29/10/1998	21:50	1.00
29/10/1998	12:50	2.00	29/10/1998	22:00	1.00
29/10/1998	13:00	1.00	29/10/1998	22:10	1.20
29/10/1998	13:10	1.00	29/10/1998	22:20	1.80
29/10/1998	13:20	1.80	29/10/1998	22:30	2.00
29/10/1998	13:30	1.30	29/10/1998	22:40	2.05
29/10/1998	13:40	1.70	29/10/1998	22:50	2.00
29/10/1998	13:50	1.60	29/10/1998	23:00	2.50
29/10/1998	14:00	1.70	29/10/1998	23:10	1.50
29/10/1998	14:10	1.40	29/10/1998	23:20	1.00
29/10/1998	14:20	1.00	29/10/1998	23:30	1.90
29/10/1998	14:30	0.60	29/10/1998	23:40	2.00
29/10/1998	14:40	0.50	29/10/1998	23:50	2.20
29/10/1998	14:50	1.00	30/10/1998	24:00:00	2.50
29/10/1998	15:00	0.80	30/10/1998	00:10	1.60
29/10/1998	15:10	1.80	30/10/1998	00:20	1.10
29/10/1998	15:20	0.40	30/10/1998	00:30	1.40
29/10/1998	15:30	2.10	30/10/1998	00:40	1.70
29/10/1998	15:40	0.70	30/10/1998	00:50	2.10
29/10/1998	15:50	0.50	30/10/1998	01:00	2.80
29/10/1998	16:00	0.30	30/10/1998	01:10	2.90
29/10/1998	16:10	0.30	30/10/1998	01:20	3.30
29/10/1998	16:20	0.20	30/10/1998	01:30	2.50
29/10/1998	16:30	0.20	30/10/1998	01:40	1.00
29/10/1998	16:40	0.20	30/10/1998	01:50	0.50
29/10/1998	16:50	0.30	30/10/1998	02:00	0.70
29/10/1998	17:00	0.80	30/10/1998	02:10	1.30
29/10/1998	17:10	0.50	30/10/1998	02:20	1.30
29/10/1998	17:20	0.50	30/10/1998	02:30	1.00
29/10/1998	17:30	0.30	30/10/1998	02:40	0.90
29/10/1998	17:40	0.30	30/10/1998	02:50	1.60
29/10/1998	17:50	0.40	30/10/1998	03:00	1.20
29/10/1998	18:00	0.40	30/10/1998	03:10	1.90
29/10/1998	18:10	0.10	30/10/1998	03:20	1.80
29/10/1998	18:20	0.00	30/10/1998	03:30	2.00
29/10/1998	18:30	0.00	30/10/1998	03:40	0.70
29/10/1998	18:40	0.00	30/10/1998	03:50	1.50
29/10/1998	18:50	0.10	30/10/1998	04:00	2.00
29/10/1998	19:00	0.10	30/10/1998	04:10	1.20
29/10/1998	19:10	0.10	30/10/1998	04:20	1.40
29/10/1998	19:20	0.00	30/10/1998	04:30	1.90

29/10/1998	19:30	0.10	30/10/1998	04:40	1.50
29/10/1998	19:40	0.20	30/10/1998	04:50	1.55
29/10/1998	19:50	1.40	30/10/1998	05:00	2.00
29/10/1998	20:00	1.50	30/10/1998	05:10	1.50
29/10/1998	20:10	0.05	30/10/1998	05:20	1.00
29/10/1998	20:20	0.00	30/10/1998	05:30	1.00
29/10/1998	20:30	0.10	30/10/1998	05:40	1.00
29/10/1998	20:40	0.30	30/10/1998	05:50	1.20
29/10/1998	20:50	1.00	30/10/1998	06:00	1.40

Fecha	Tiempo (min)	Lluvia
		(mm)
30/10/1998	06:10	0.50
30/10/1998	06:20	0.60
30/10/1998	06:30	1.00
30/10/1998	06:40	1.00
30/10/1998	06:50	1.00
30/10/1998	07:00	0.80
30/10/1998	07:10	0.50
30/10/1998	07:20	0.20
30/10/1998	07:30	0.10
30/10/1998	07:40	0.30
30/10/1998	07:50	0.05

Anexo 2. Número de curva N para complejos hidrológicos de suelos y cobertura

Cobertura			Número de Curva			
Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	(Grupo Hidrológico)			
			A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	----	77	86	91	94
Cultivos	Surcos rectos	pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	buena	65	75	82	86
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	66	74	80	82
	Curv de nivel y en terrazas	buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	buena	61	73	81	84
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	61	72	79	82
	Curv de nivel y en terrazas	buena	59	70	78	81
Sembrios cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	buena	55	69	78	83
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	63	73	80	83
	Curv de nivel y en terrazas	buena	51	67	76	80
Pastizales o similares		pobre	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	buena	6	35	70	79
Pradera		buena	30	58	71	78
Bosques		pobre	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77
Patios		----	59	74	82	86
Caminos, incluyendo derecho de vía	Cieno	----	72	82	87	89
	Superficie firme	----	74	84	90	92

Fuente: Libro de Hidrología, Máximo Villón Bejar.

Anexo 3. Coeficiente “n” Manning

Tipo de Cauce y Descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<b>A. Corrientes naturales</b>			
<b>Cauces principales</b>	0	0.030	0.033
Limpio. recto. lleno. ninguna hendidura o posas profundas		0.035	0.040
Igual como el anterior. pero más piedras y hierbas		0.040	0.045
Limpio y sinuoso. algunas posas y bajíos		0.045	0.050
Igual como el anterior. pero algunas hierbas y piedras		0.048	0.055
Igual a las fases anteriores. más bajas. pendientes secciones más inefectivas		0.050	0.060
Igual al inciso “d” pero más piedras		0.070	0.080
Tramo sinuoso. enmalezado. Posas profundas		0.100	0.150
Los tramos muy enmalezados. posas profundas. o inundaciones con ramas y madera en pie pesada			
<b>Planicies de inundación</b>			0.035
No pasto y ningún arbusto			0.050
Césped corto		0.030	
Césped alto	0.025	0.035	
Áreas cultivada	0.030		0.040
Ninguna cosecha		0.030	0.045
Cosechas maduras en fila	0.020	0.035	0.050
Cosechas maduras del campo	0.025	0.040	
Arbusto	0.030		0.070
Arbusto esparcido. hierbas pesadas.		0.050	0.060
Arbusto ligero y árboles. en invierno	0.035	0.050	0.080
Arbusto ligero y árboles. en verano	0.035	0.060	0.110
Arbusto Medio denso. en invierno.	0.040	0.070	0.160
Arbusto Medio denso. en verano	0.045	0.100	
Árboles	0.070		0.050
1) Tierra sin bosque con tocones de árbol. ningún brote.		0.040	0.080
2) Mismo como el anterior. pero los brotes pesados	0.030	0.060	0.120
3) Madera pesada en pie. algunos árboles abajo. la maleza pequeña. flujo debajo de las ramas	0.050	0.100	
4) Mismo como anterior. pero ramas dentro del flujo	0.080		0.160
5) Saucos densos. rectos. en verano.	0.100	0.120	
		0.150	0.200
	0.110		
Ríos de montaña. ninguna vegetación en el cauce y bancos normalmente empinados. con árboles y arbustos sumergidos en bancos	0.030	0.040	0.050
Fondo: las arenas gruesas. guijarros. y pocos cantos rodados	0.040	0.050	0.070
Fondo: los guijarros con cantos rodados grandes			

*Anexo 4. Clasificación hidrológica de suelos*

Grupo de suelos	Descripción
A	Son suelos que tienen altas tasas de infiltración (bajo potencial de escurrimiento) aún cuando están enteramente mojados y están constituidos mayormente por arenas o gravas profundas, bien y hasta excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	Son suelos que tienen tasas de infiltración moderadas cuando están cuidadosamente mojados y están constituidos mayormente de suelos profundos de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión del agua.
C	Son suelos que tienen bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una baja tasa de transmisión del agua.
D	Son suelos de alto potencial de escurrimiento, de
	tasas de infiltración muy bajas cuando están completamente mojados y están formados mayormente por suelos arcillosos con un alto potencial de esponjamiento, suelos con índice de agua permanentemente alto, suelos con arcilla o capa de arcilla en la superficie o cerca de ella y suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión del agua.

*Fuente Hidrología Máximo Villón*

*Anexo 5. Condición hidrológica*

Cobertura vegetal	Condición hidrológica
> 75 % del área	buena
entre 50% y 75% del área	regular
< 50 % del área	pobre

*Anexo 6. Formulas empleadas por el programa HidroEsta para el cálculo de la precipitación máxima.*

Anexo 7. Tabla ponderación y valoración del indicador casas en ladera, Microcuenca del Río Gila

Nombre de la comunidad	No. de casas en Ladera	Calificación	Vulnerabilidad
Cabañas	48	4	Muy alta
El Llano	4	1	Baja
Mirasolito de La Esperanza	8	4	Alta
Pinalito	0	0	Muy baja
Barbasqueadero	10	4	Muy alta
Pueblo Viejo	0	0	Muy baja
Lomas de La Esperanza	5	2	Media
Miramar	0	0	Muy baja
Las Peñas No.1 y No.2	7	3	Alta
San José de Miramar	0	0	Muy baja
Mirasolito de Río Negro	15	4	Muy alta
Motagua	5	2	Media
Río Negro	53	4	Muy alta
Ingenios	0	0	Muy baja
Platanares	11	4	Muy alta
Las Juntas No.1 y No.2	7	3	Alta
Descombros	30	4	Muy alta
Guarumal	22	4	Muy alta
La Unión de San Juan	12	4	Muy alta
El Guayabo	14	4	Muy alta
La Cumbre de San Juan	22	4	Muy alta

Anexo 8. Tabla ponderación y valoración del indicador casas en ribera de ríos, Microcuenca del Río Gila

Nombre de la comunidad	No. de casas en riberas de ríos	Calificación	Vulnerabilidad
Cabañas	108	4	Muy alta
El Llano	0	0	Muy baja
Mirasolito de La Esperanza	0	0	Muy baja
Pinalito	0	0	Muy baja
Barbasqueadero	0	0	Muy baja
Pueblo Viejo	0	0	Muy baja
Lomas de La Esperanza	0	0	Muy baja
Miramar	0	0	Muy baja
Las Peñas No.1 y No.2	0	0	Muy baja
San José de Miramar	0	0	Muy baja
Mirasolito de Río Negro	0	0	Muy baja
Motagua	6	2	Media
Río Negro	40	4	Muy alta
Ingenios	0	0	Muy baja
Platanares	8	4	Muy alta
Las Juntas No.1 y No.2	16	4	Muy alta
Descombros	45	4	Muy alta
Guarumal	2	0	Muy baja
La Unión de San Juan	0	0	Muy baja
El Guayabo	37	4	Muy alta
La Cumbre de San Juan	0	0	Muy baja

Anexo 9. Tabla ponderación y valoración del indicador viviendas construidas con materiales resistentes, en la Microcuenca del Río Gila.

Nombre de la comunidad	Ladrillo	Bloque	Adobe	Madera	Bahareque	Ponderación	Valoración	Casas
Cabañas	0	52	246	9	75	2,28	MEDIO	382
El Llano	0	0	53	3	7	2,27	MEDIO	63
Mirasolito de La Esperanza	0	3	49	1	12	2,34	MEDIO	65
Pinalito	0	2	21	9	41	3,22	MUY ALTO	73
Barbasqueadero	0	3	9	4	12	2,89	ALTO	28
Pueblo Viejo	0	4	74	2	19	2,36	MEDIO	99
Lomas de La Esperanza	0	12	36	1	27	2,57	ALTO	76
Miramar	0	3	31	3	30	2,90	ALTO	67
Las Peñas No.1y No.2	0	7	70	8	57	2,81	ALTO	142
San Jose de Miramar	0	1	25	1	13	2,65	ALTO	40
Mirasolito de Río Negro	0	1	26	2	22	2,94	ALTO	51
Motagua	0	4	26	0	10	2,40	ALTO	40
Río Negro	2	16	80	3	50	2,58	ALTO	151
Ingenios	0	3	23	1	23	2,88	ALTO	50
Platanares	0	0	12	1	5	2,61	ALTO	18
Las Juntas No.1y No.2	0	11	28	1	50	3,00	ALTO	90
Descombros	0	7	75	1	66	2,84	ALTO	149
Guarumal	1	1	33	3	34	2,99	ALTO	72
La Unión de San Juan	0	3	30	1	21	2,73	ALTO	55
El Guayabo	0	11	15	5	64	3,28	MUY ALTO	95
La Cumbre de San Juan	0	8	118	4	51	2,54	ALTO	181
<b>Total de casas</b>	<b>3</b>	<b>152</b>	<b>1080</b>	<b>63</b>	<b>689</b>			<b>1987</b>
<b>% por tipo de material</b>	<b>0,15</b>	<b>7,65</b>	<b>54,35</b>	<b>3,17</b>	<b>34,68</b>			

Anexo 10. Tabla de ponderación y valoración del indicador accesibilidad a las comunidades de la Microcuenca del Río Gila.

Nombre de la comunidad	Accesibilidad	Calificación	Vulnerabilidad
Cabañas	Fácil todo el año	0	Muy baja
El Llano	Fácil todo el año	0	Muy baja
Mirasolito de La Esperanza	Difícil todo el año	4	Muy alta
Pinalito	Fácil todo el año	0	Muy baja
Barbasqueadero	Enero-mayo	3	Alta
Pueblo Viejo	Enero-mayo	3	Alto
Lomas de La Esperanza	Difícil todo el año	4	Muy alta
Miramar	Enero-mayo	3	Alta
Las Peñas No.1 y No.2	Difícil todo el año	4	Muy alta
San José de Miramar	Enero-agosto	2	Media
Mirasolito de Río Negro	Fácil todo el año	0	Muy baja
Motagua	Fácil todo el año	0	Muy baja
Río Negro	Fácil todo el año	0	Muy baja
Ingenios	Difícil todo el año	4	Muy alta
Platanares	Enero-mayo	3	Alta
Las Juntas No.1 y No.2	Enero-agosto	2	Media
Descombros	Enero-octubre	1	Baja
Guarumal	Enero-agosto	2	Media
La Unión de San Juan	Enero-agosto	2	Media
El Guayabo	Difícil todo el año	4	Muy alta
La Cumbre de San Juan	Enero-octubre	1	Baja



*Anexo 11. Cálculo del Índice de población, Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre de la comunidad</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Población total</b>	<b>Densidad (hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Índice de población</b>
El Llano	2,48	335	135,06	0,76
Mirasolito de La Esperanza	6,20	351	56,59	0,32
Pinalito	8,24	412	50,03	0,28
Barbasqueadero	0,93	166	178,01	1,00
Pueblo Viejo	5,89	472	80,11	0,45
Lomas de La Esperanza	5,49	373	67,97	0,38
Miramar	3,85	306	79,47	0,45
Las Peñas No.1 y No.2	10,00	681	68,07	0,38
San José de Miramar	2,61	218	83,63	0,47
Mirasolito de Río Negro	3,58	234	65,32	0,37
Motagua	7,25	229	31,57	0,18
Río Negro	6,27	693	110,54	0,62
Ingenios	3,24	270	83,25	0,47
Platanares	2,02	102	50,50	0,28
Las Juntas No.1 y No.2	4,99	486	97,47	0,55
Descombros	10,15	659	64,93	0,36
Guarumal	3,54	356	100,57	0,56
La Unión de San Juan	3,21	272	84,84	0,48
El Guayabo	16,70	406	24,30	0,14
La Cumbre de San Juan	9,20	844	91,71	0,52

*Anexo 12. Resumen de la evaluación de la vulnerabilidad técnica en la Microcuenca del Río Gila.*

<b>Nombre de la comunidad</b>	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>Calificación</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
Cabañas	4	4	4	Muy alta
El Llano	4	4	4	Muy alta
Mirasolito de La Esperanza	4	4	4	Muy alta
Pinalito	4	4	4	Muy alta
Barbasqueadero	4	4	4	Muy alta
Pueblo Viejo	4	4	4	Muy alta
Lomas de La Esperanza	4	4	4	Muy alta
Miramar	4	4	4	Muy alta
Las Peñas No.1 y No.2	4	4	4	Muy alta
San José de Miramar	4	4	4	Muy alta
Mirasolito de Río Negro	4	4	4	Muy alta
Motagua	4	4	4	Muy alta
Río Negro	4	4	4	Muy alta
Ingenios	4	4	4	Muy alta
Platanares	4	4	4	Muy alta
Las Juntas No.1 y No.2	4	4	4	Muy alta
Descombros	4	4	4	Muy alta
Guarumal	4	4	4	Muy alta
La Unión de San Juan	4	4	4	Muy alta
El Guayabo	4	4	4	Muy alta
La Cumbre de San Juan	4	4	4	Muy alta

*Anexo 13. Resumen de la evaluación de la vulnerabilidad ideológica en la Microcuenca del río Gila.*

Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	Calificación	Vulnerabilidad
Cabañas	1	1	1	1,00	Baja
El Llano	1	1	1	1,00	Baja
Mirasolito de La Esperanza	1	1	4	2,00	Media
Pinalito	1	1	1	1,00	Baja
Barbasqueadero	1	1	3	1,67	Media
Pueblo Viejo	1	1	3	1,67	Media
Lomas de La Esperanza	1	1	1	1,00	Baja
Miramar	1	1	3	1,67	Media
Las Peñas No.1 y No.2	1	1	2	1,33	Baja
San José de Miramar	1	1	2	1,33	Baja
Mirasolito de Río Negro	1	1	2	1,33	Baja
Motagua	1	1	2	1,33	Baja
Río Negro	1	1	2	1,33	Baja
Ingenios	1	1	1	1,00	Baja
Platanares	1	1	0	0,67	Muy baja
Las Juntas No.1 y No.2	1	1	4	2,00	Media
Descombros	1	1	2	1,33	Baja
Guarumal	1	1	4	2,00	Media
La Unión de San Juan	1	1	4	2,00	Media
El Guayabo	1	1	2	1,33	Baja
La Cumbre de San Juan	1	1	3	1,67	Media

V1 Reacción comunitaria en la fase pre-desastre,  
 V2 reacción de la comunidad en la fase de impacto,  
 V3 Percepción fatalista

*Anexo 14. Tabla de resultados por serie de tiempo para el Río Gila, período de retorno de 50 años.*

HMS \* Time Series Results for Subbasin Subbasin-1

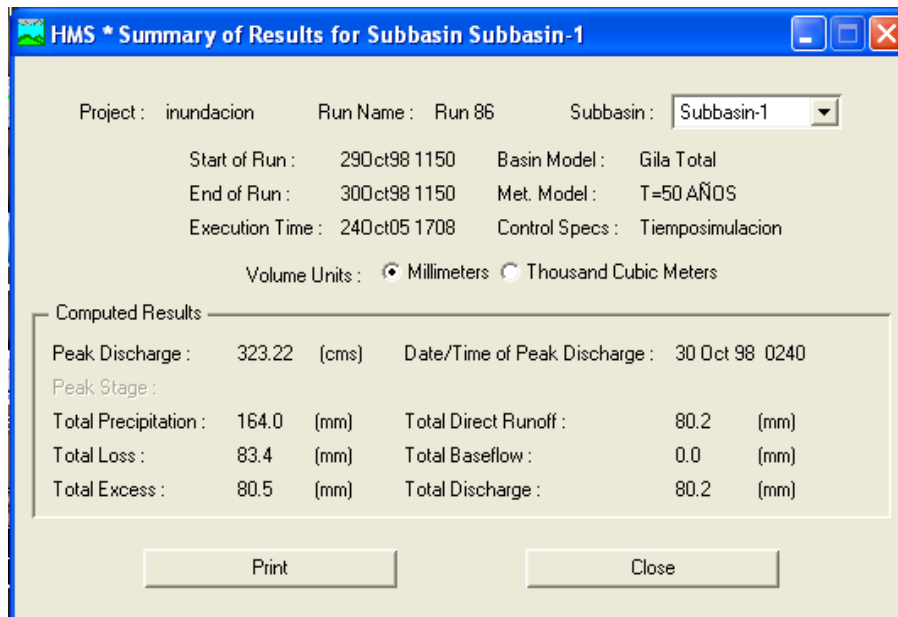
Project : inundacion    Run Name : Run 86    Subbasin : Subbasin-1

Start of Run : 29Oct98 1150    Basin Model : Gila Total  
 End of Run : 30Oct98 1150    Met. Model : T=50 AÑOS  
 Execution Time : 24Oct05 1708    Control Specs : Tiemposimulacion

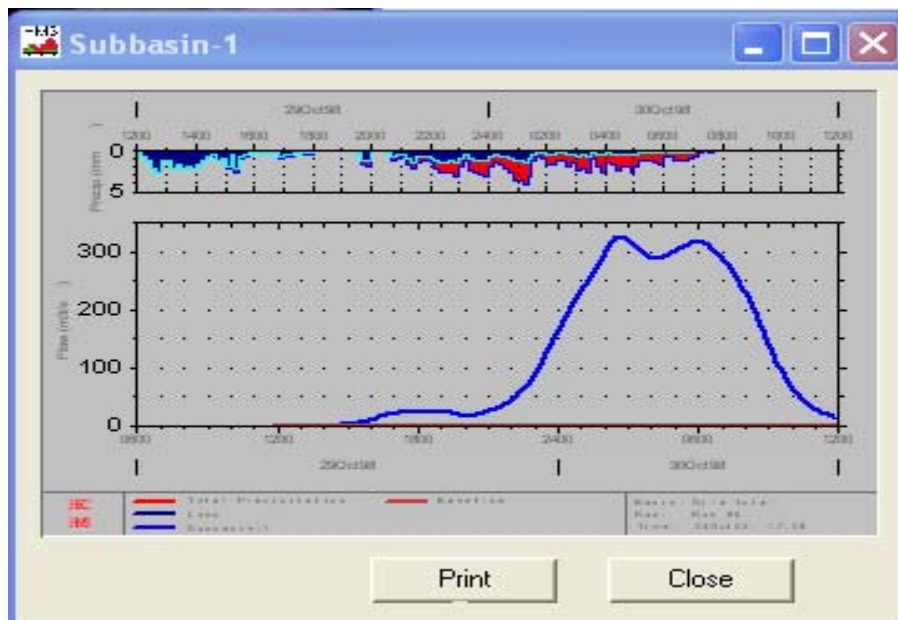
Date	Time	Precip. (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Q (cms)	Base-flow (cms)	Total Q (cms)
30 Oct 98	0020	1.4	0.5	0.9	185.65	0.00	185.65
30 Oct 98	0030	1.8	0.7	1.1	197.30	0.00	197.30
30 Oct 98	0040	2.2	0.8	1.4	208.66	0.00	208.66
30 Oct 98	0050	2.7	1.0	1.7	219.70	0.00	219.70
30 Oct 98	0100	3.6	1.3	2.3	230.09	0.00	230.09
30 Oct 98	0110	3.7	1.2	2.5	239.75	0.00	239.75
30 Oct 98	0120	4.2	1.4	2.9	249.45	0.00	249.45
30 Oct 98	0130	3.2	1.0	2.2	259.80	0.00	259.80

Graph    Print    Close

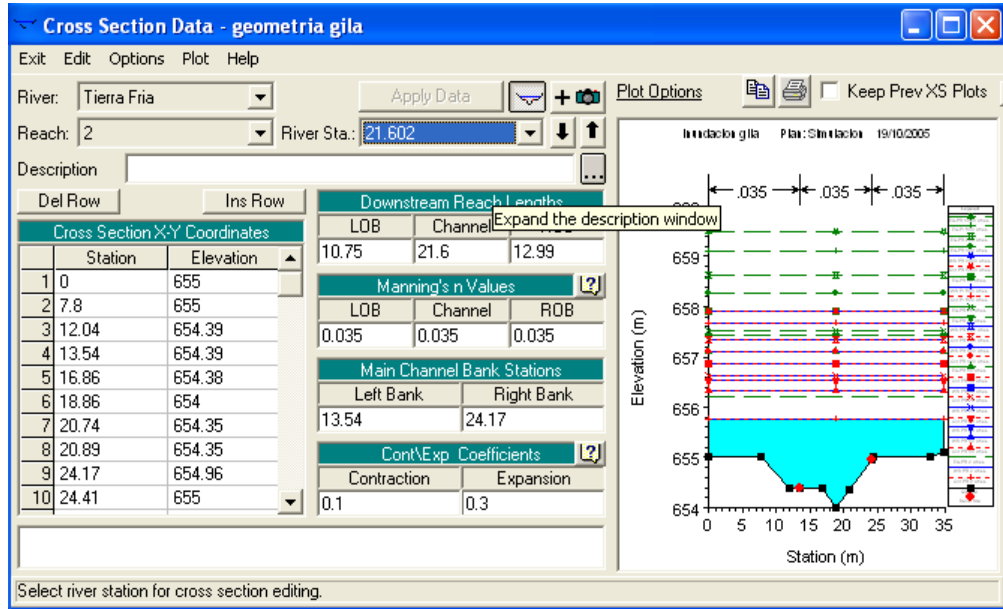
Anexo 15. Tabla resumen de caudales máximos para el Río Gila, período de retorno de 50 años.



Anexo 16. Histograma de la Microcuenca del Río Gila para un caudal máximo para un período de retorno de 50 años.



Anexo 17. Sección transversal típica Quebrada Tierra Fría.

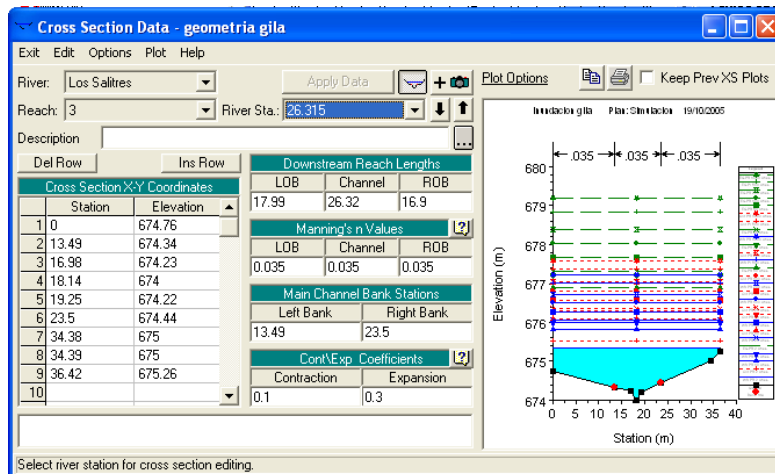


Anexo 18. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Tierra Fría.

Profile Output Table - Standard Table 1  
 HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Tierra Fría Reach: 2  
 # Rivers = 1  
 # Hydraulic Reaches = 1  
 # River Stations = 86  
 # Plans = 1  
 # Profiles = 9

Reach	River Sta	Período	Retorno	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
2	21.602	PR	2 Años	100.77	654.00	655.76	655.76	656.22	0.010011	3.49	34.85	34.77	0.95
2	21.602	PR	10 Años	207.38	654.00	656.34	656.34	657.10	0.009991	4.41	55.02	34.77	1.01
2	21.602	PR	20 Años	252.93	654.00	656.55	656.55	657.43	0.009960	4.72	62.41	34.77	1.03
2	21.602	PR	25 Años	267.84	654.00	656.62	656.62	657.53	0.009859	4.80	64.90	34.77	1.03
2	21.602	PR	50 Años	323.22	654.00	656.86	656.86	657.90	0.009789	5.12	73.23	34.77	1.04
2	21.602	PR	100 Años	381.57	654.00	657.11	657.11	658.26	0.009613	5.41	81.79	34.77	1.05
2	21.602	PR	200 Años	442.78	654.00	657.35	657.35	658.63	0.009544	5.70	90.08	34.77	1.06
2	21.602	Pr	500 Años	528.23	654.00	657.67	657.67	659.11	0.009386	6.06	101.30	34.77	1.07
2	21.602	PR	1000 Años	595.80	654.00	657.90	657.90	659.48	0.009370	6.34	109.44	34.77	1.08

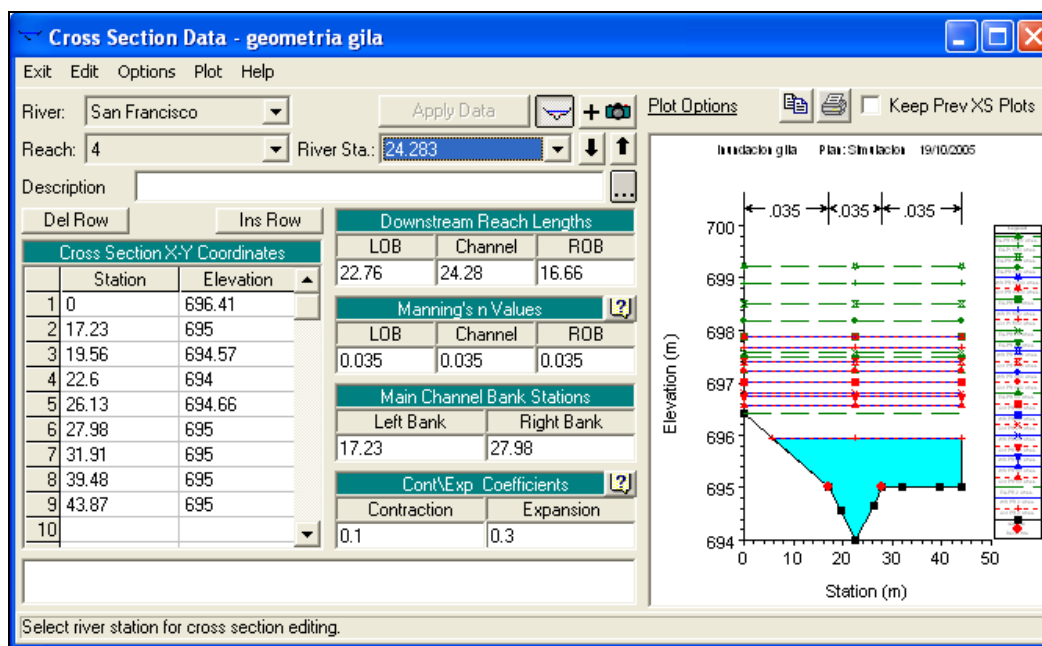
Anexo 19. Sección transversal típica Quebrada Los Salitres.



Anexo 20. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Los Salitres.

Profile Output Table - Standard Table 1													
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Los Salitres Reach: 3													
# Rivers = 1													
# Hydraulic Reaches = 1													
# River Stations = 116													
# Plans = 1													
# Profiles = 9													
Reach	River Sta	Período	Retorno	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
3	26.315	PR	2 Años	100.77	674.00	675.36	675.51	676.01	0.018759	4.13	29.19	36.42	1.26
3	26.315	PR	10 Años	207.38	674.00	675.81	676.08	676.90	0.019024	5.25	45.76	36.42	1.35
3	26.315	PR	20 Años	252.93	674.00	676.00	676.29	677.22	0.017940	5.51	52.77	36.42	1.33
3	26.315	PR	25 Años	267.84	674.00	676.06	676.35	677.32	0.017650	5.60	54.97	36.42	1.33
3	26.315	PR	50 Años	323.22	674.00	676.28	676.58	677.67	0.016802	5.89	62.79	36.42	1.32
3	26.315	PR	100 Años	381.57	674.00	676.50	676.82	678.03	0.016067	6.16	70.65	36.42	1.32
3	26.315	PR	200 Años	442.78	674.00	676.71	677.05	678.38	0.015509	6.43	78.44	36.42	1.31
3	26.315	Pr	500 Años	528.23	674.00	677.00	677.37	678.84	0.014728	6.76	89.10	36.42	1.30
3	26.315	PR	1000 Años	595.80	674.00	677.22	677.60	679.19	0.014238	7.00	97.17	36.42	1.30

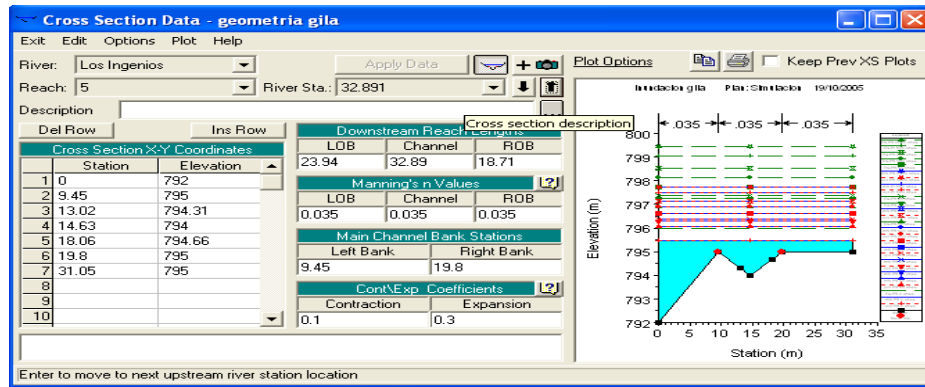
Anexo 21. Sección transversal típica Quebrada San Francisco



Anexo 22. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada San Francisco.

Profile Output Table - Standard Table 1													
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: San Francisco Reach: 4													
# Rivers = 1													
# Hydraulic Reaches = 1													
# River Stations = 101													
# Plans = 1													
# Profiles = 9													
Reach	River Sta	Pr	ofile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
4	24.283	PR	2 A?s	100.77	694.00	695.94	695.94	696.41	0.009345	3.48	35.77	38.12	0.93
4	24.283	PR	10 A?s	207.38	694.00	696.56	696.56	697.21	0.008197	4.14	61.79	43.87	0.92
4	24.283	PR	20 A?s	252.93	694.00	696.74	696.74	697.49	0.008441	4.45	69.71	43.87	0.95
4	24.283	PR	25 A?s	267.84	694.00	696.80	696.80	697.57	0.008488	4.53	72.22	43.87	0.95
4	24.283	PR	50 A?s	323.22	694.00	697.01	697.01	697.88	0.008501	4.81	81.52	43.87	0.97
4	24.283	PR	100 A?s	381.57	694.00	697.22	697.22	698.19	0.008559	5.09	90.50	43.87	0.99
4	24.283	PR	200 A?s	442.78	694.00	697.42	697.42	698.50	0.008664	5.36	99.15	43.87	1.00
4	24.283	Pr	500 A?s	528.23	694.00	697.69	697.69	698.91	0.008646	5.69	111.06	43.87	1.02
4	24.283	PR	1000 A?s	595.80	694.00	697.89	697.89	699.22	0.008586	5.91	120.19	43.87	1.02

Anexo 23. Sección transversal típica Quebrada Los Ingenios

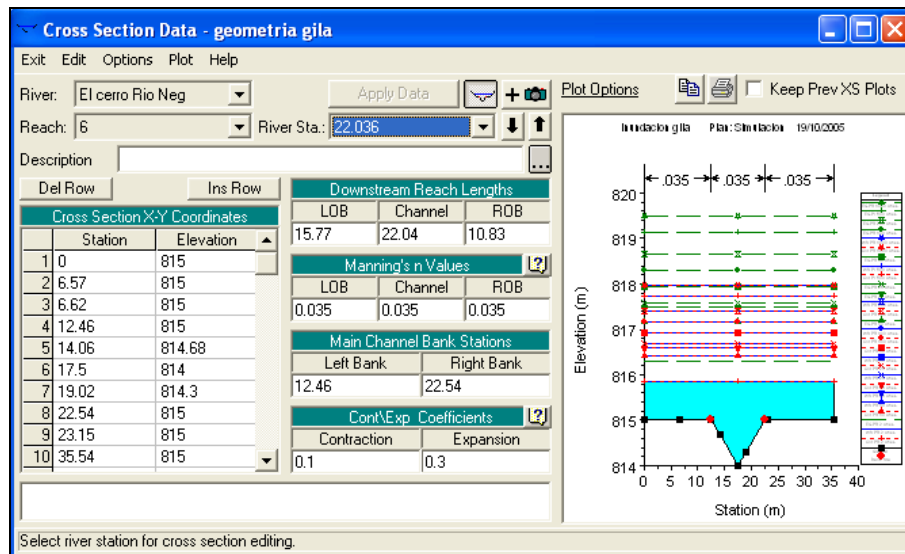


Anexo 24. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Los Ingenios

Profile Output Table - Standard Table 1  
 HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Los Ingenios Reach: 5  
 # Rivers = 1  
 # Hydraulic Reaches = 1  
 # River Stations = 70  
 # Plans = 1  
 # Profiles = 9

Reach	River Sta	Período	Retorno	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
5	32.891	PR	2 Años	100.77	794.00	795.46	795.46	795.98	0.009858	2.73	33.60	31.05	0.89
5	32.891	PR	10 Años	207.38	794.00	796.08	796.08	796.91	0.011055	4.02	52.78	31.05	1.02
5	32.891	PR	20 Años	252.93	794.00	796.31	796.31	797.25	0.011020	4.41	60.11	31.05	1.04
5	32.891	PR	25 Años	267.84	794.00	796.38	796.38	797.36	0.011042	4.53	62.34	31.05	1.05
5	32.891	PR	50 Años	323.22	794.00	796.63	796.63	797.75	0.011228	4.95	69.97	31.05	1.08
5	32.891	PR	100 Años	381.57	794.00	796.89	796.89	798.14	0.011154	5.33	77.98	31.05	1.10
5	32.891	PR	200 Años	442.78	794.00	797.14	797.14	798.53	0.011119	5.69	85.85	31.05	1.12
5	32.891	Pr	500 Años	528.23	794.00	797.48	797.48	799.05	0.011071	6.14	96.22	31.05	1.14
5	32.891	PR	1000 Años	595.80	794.00	797.72	797.72	799.45	0.011121	6.49	103.77	31.05	1.15

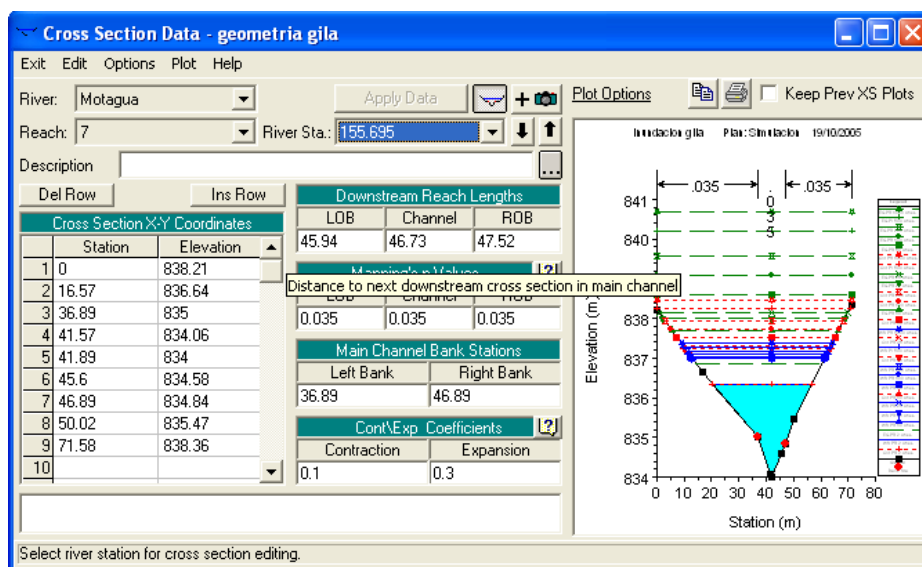
Anexo 25. Sección transversal típica Quebrada El Cerro o Río Negro



*Anexo 26. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada El Cerro o Río Negro*

Profile Output Table - Standard Table 1													
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: El cerro Rio Neg Reach: 6													
# Rivers = 1													
# Hydraulic Reaches = 1													
# River Stations = 99													
# Plans = 1													
# Profiles = 9													
Reach	River Sta	Período	Retorno	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
6	22.036	PR	2 Años	100.77	814.00	815.84	815.84	816.30	0.010537	3.52	34.83	35.54	0.97
6	22.036	PR	10 Años	207.38	814.00	816.42	816.42	817.17	0.010219	4.40	55.37	35.54	1.01
6	22.036	PR	20 Años	252.93	814.00	816.59	816.59	817.49	0.010906	4.81	61.45	35.54	1.06
6	22.036	PR	25 Años	267.84	814.00	816.69	816.69	817.59	0.010169	4.80	65.11	35.54	1.03
6	22.036	PR	50 Años	323.22	814.00	816.93	816.93	817.95	0.009974	5.10	73.73	35.54	1.04
6	22.036	PR	100 Años	381.57	814.00	817.16	817.16	818.31	0.010004	5.42	81.78	35.54	1.06
6	22.036	PR	200 Años	442.78	814.00	817.41	817.41	818.67	0.009747	5.67	90.58	35.54	1.06
6	22.036	Pr	500 Años	528.23	814.00	817.72	817.72	819.15	0.009598	6.03	101.79	35.54	1.07
6	22.036	PR	1000 Años	595.80	814.00	817.96	817.96	819.51	0.009527	6.30	110.15	35.54	1.08

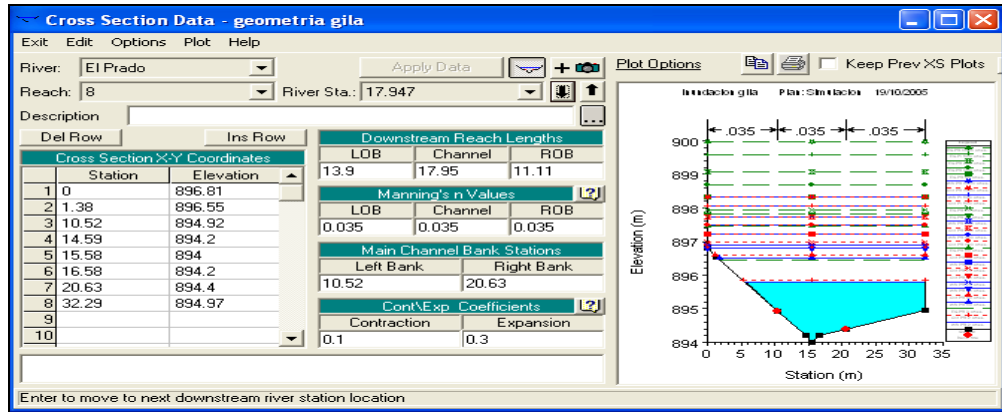
*Anexo 27. Sección transversal típica Quebrada Motagua*



*Anexo 28. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Motagua.*

Profile Output Table - Sta Table 1													
HEC-RAS Plan 01 R Motagua ua Reach: 7													
# Rivers = 1													
# Hydraulic Reaches = 1													
# River Stations = 122													
# Plans = 1													
# Profiles = 9													
Reach	River Sta	Pr	ofile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chn
7	155.695	PR	2 Años	100.77	834.00	836.34	836.34	836.85	0.007058	3.63	36.48	36.17	0.84
7	155.695	PR	10 Años	207.38	834.00	836.98	837.02	837.68	0.007354	4.50	63.62	48.27	0.90
7	155.695	PR	20 Años	252.93	834.00	837.00	837.23	838.01	0.010470	5.40	64.72	48.67	1.08
7	155.695	PR	25 Años	267.84	834.00	837.00	837.30	838.13	0.011693	5.71	64.82	48.71	1.14
7	155.695	PR	50 Años	323.22	834.00	837.04	837.52	838.59	0.015839	6.71	66.68	49.39	1.33
7	155.695	PR	100 Años	381.57	834.00	837.10	837.74	839.08	0.019766	7.61	69.61	50.45	1.49
7	155.695	PR	200 Años	442.78	834.00	837.17	837.94	839.58	0.023536	8.44	73.03	51.66	1.63
7	155.695	Pr	500 Años	528.23	834.00	837.28	838.25	840.21	0.027478	9.37	78.87	53.66	1.78
7	155.695	PR	1000 Años	595.80	834.00	837.36	838.44	840.67	0.030140	10.01	83.55	55.21	1.87

Anexo 29. Sección transversal típica Quebrada El Prado.

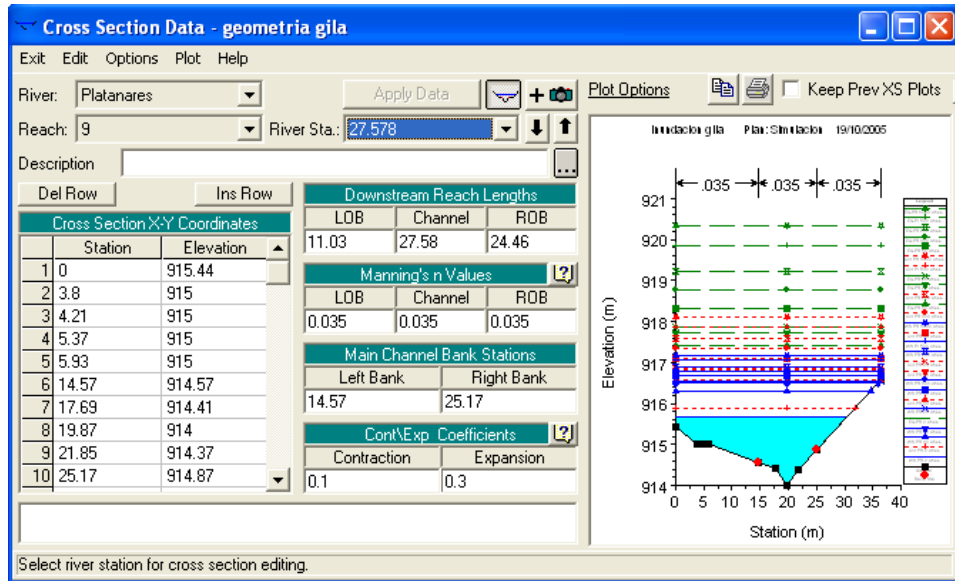


Anexo 30. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada El Prado.

Profile Output Table - Standard Table 1  
 HEC-RAS Plan: Plan 01 River: El Prado Reach: 8  
 # Rivers = 1  
 # Hydraulic Reaches = 1  
 # River Stations = 86  
 # Plans = 1  
 # Profiles = 9

Reach	River Sta	Período	Retorno	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
8	17.947	PR	2 Años	100.77	894.00	895.78	895.85	896.44	0.012063	3.93	29.20	26.60	1.05
8	17.947	PR	10 Años	207.38	894.00	896.50	896.59	897.47	0.010688	4.86	49.64	30.61	1.06
8	17.947	PR	20 Años	252.93	894.00	896.80	896.89	897.83	0.009503	5.01	59.31	32.26	1.02
8	17.947	PR	25 Años	267.84	894.00	896.88	896.97	897.93	0.009391	5.09	61.88	32.29	1.02
8	17.947	PR	50 Años	323.22	894.00	897.23	897.23	898.32	0.008286	5.21	73.05	32.29	0.98
8	17.947	PR	100 Años	381.57	894.00	897.48	897.48	898.70	0.008392	5.54	81.13	32.29	1.00
8	17.947	PR	200 Años	442.78	894.00	897.74	897.74	899.08	0.008382	5.84	89.46	32.29	1.02
8	17.947	Pr	500 Años	528.23	894.00	898.06	898.06	899.59	0.008501	6.25	99.93	32.29	1.04
8	17.947	PR	1000 Años	595.80	894.00	898.31	898.31	899.98	0.008508	6.54	108.07	32.29	1.05

Anexo 31. Sección transversal típica Quebrada Platanares.





Anexo 32. Resultado de la simulación hidráulica por período de retorno, para la sección transversal típica de la Quebrada Platanares.

Profile Output Table - Standard Table 1  
 HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Platanares Reach: 9

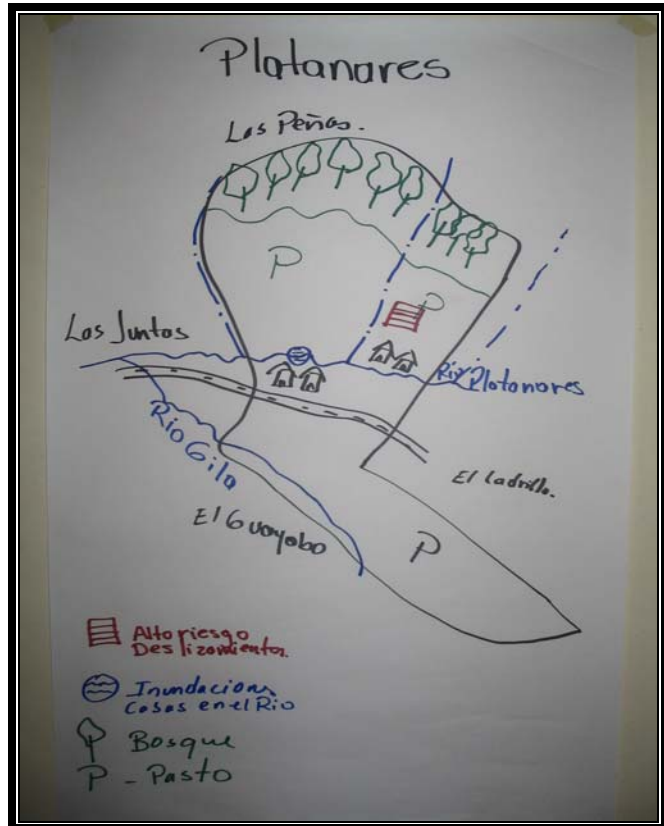
# Rivers = 1  
 # Hydraulic Reaches = 1  
 # River Stations = 120  
 # Plans = 1  
 # Profiles = 9

Reach	River Sta	Pr	ofile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
9	27.578	PR	2 Años	100.77	914.00	915.67	915.90	916.53	0.019839	4.64	26.08	30.45	1.32
9	27.578	PR	10 Años	207.38	914.00	916.30	916.57	917.42	0.015054	5.31	46.64	34.65	1.23
9	27.578	PR	20 Años	252.93	914.00	916.51	916.81	917.74	0.014430	5.58	54.20	36.06	1.23
9	27.578	PR	25 Años	267.84	914.00	916.55	916.86	917.86	0.014965	5.76	55.67	36.33	1.26
9	27.578	PR	50 Años	323.22	914.00	916.67	917.10	918.31	0.017525	6.45	59.87	36.52	1.37
9	27.578	PR	100 Años	381.57	914.00	916.79	917.34	918.76	0.019658	7.08	64.28	36.52	1.47
9	27.578	PR	200 Años	442.78	914.00	916.91	917.57	919.22	0.021650	7.67	68.64	36.52	1.55
9	27.578	Pr	500 Años	528.23	914.00	917.06	917.88	919.85	0.024103	8.43	74.34	36.52	1.65
9	27.578	PR	1000 Años	595.80	914.00	917.18	918.11	920.34	0.025884	8.99	78.53	36.52	1.73

Anexo 33. Mapeo comunitario de riesgo comunidades Cabañas, Copán Honduras.

Mapa de riesgo comunidad de La Unión San Juan

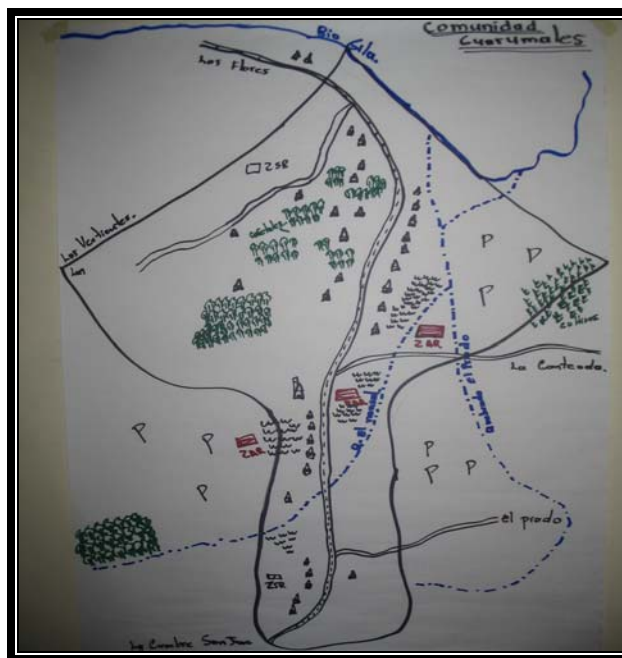
Mapa de riesgo comunidad Platanares



Mapa de riesgo comunidad El Guayabo



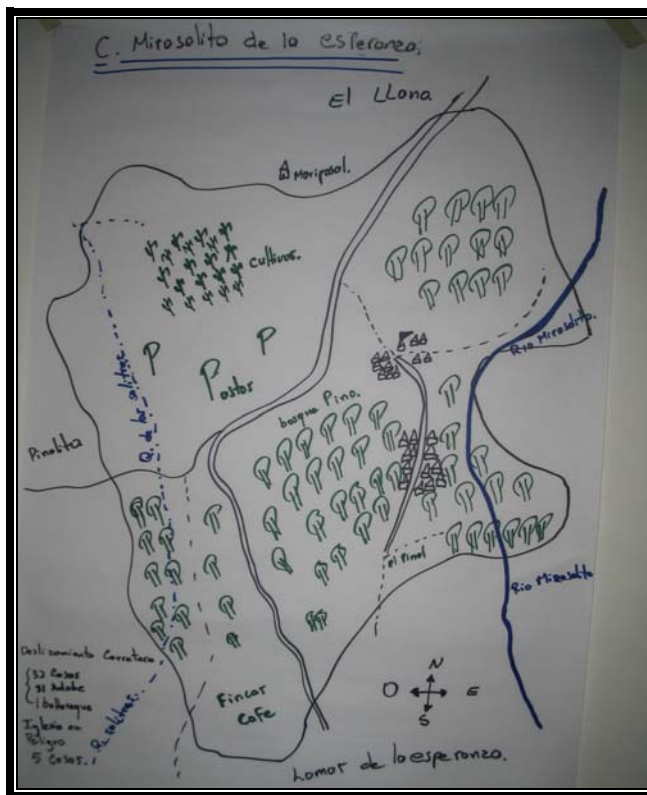
Mapa de riesgo comunidad Guarumales



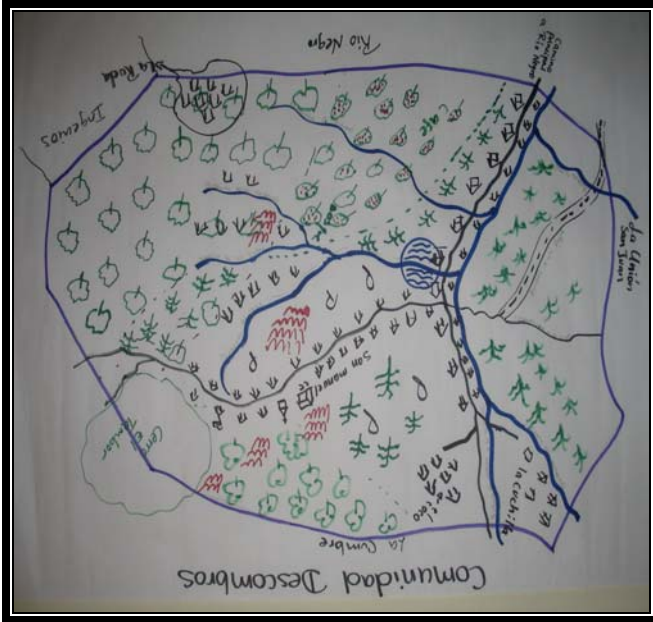
Mapa de riesgo comunidad las Juntas



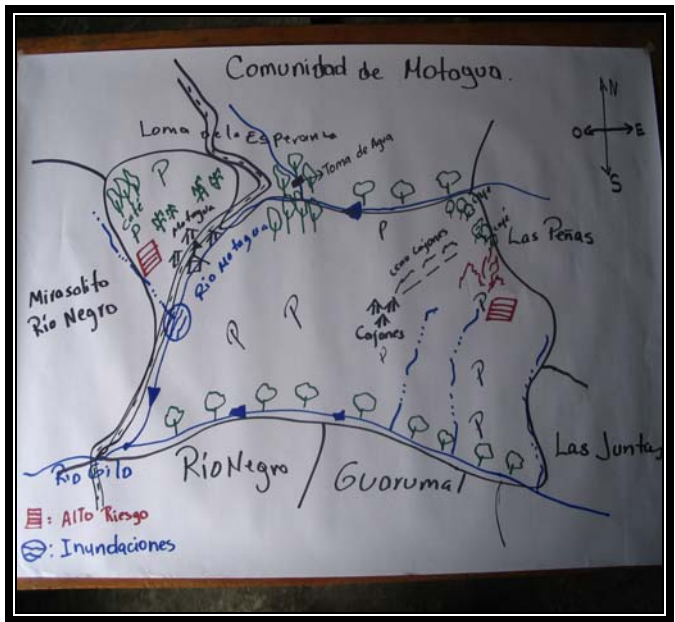
Mapa de riesgo comunidad mirasolito La Esperanza



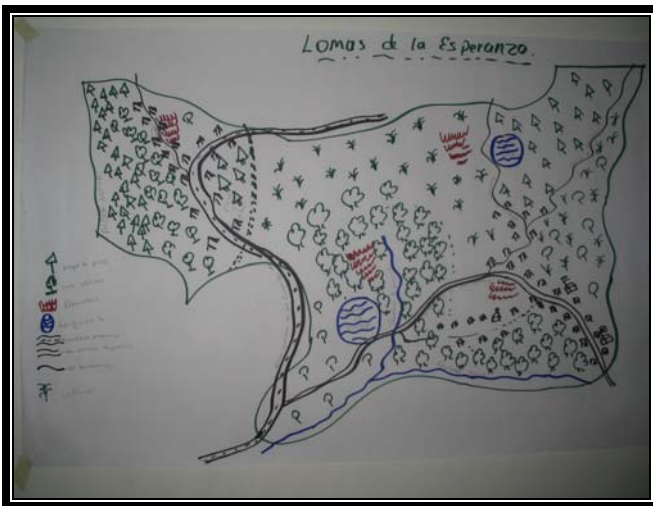
Mapa de riesgo comunidad Descombro



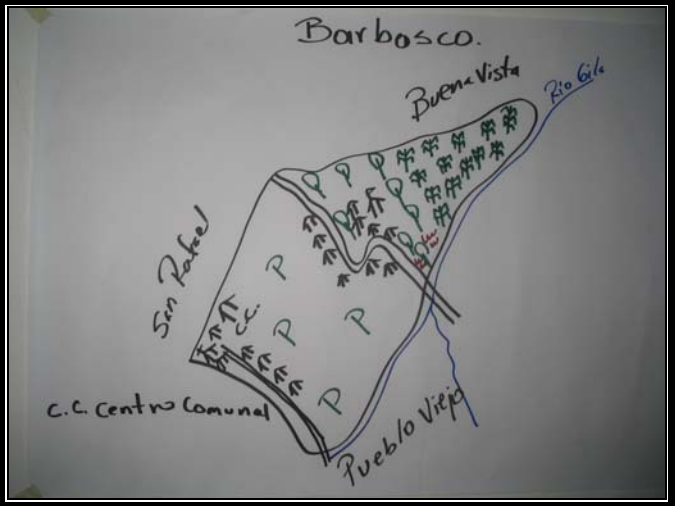
Mapa de riesgo comunidad Motagua



Mapa de riesgo comunidad Lomas de La Esperanza



Mapa de riesgo comunidad Barbasqueadero





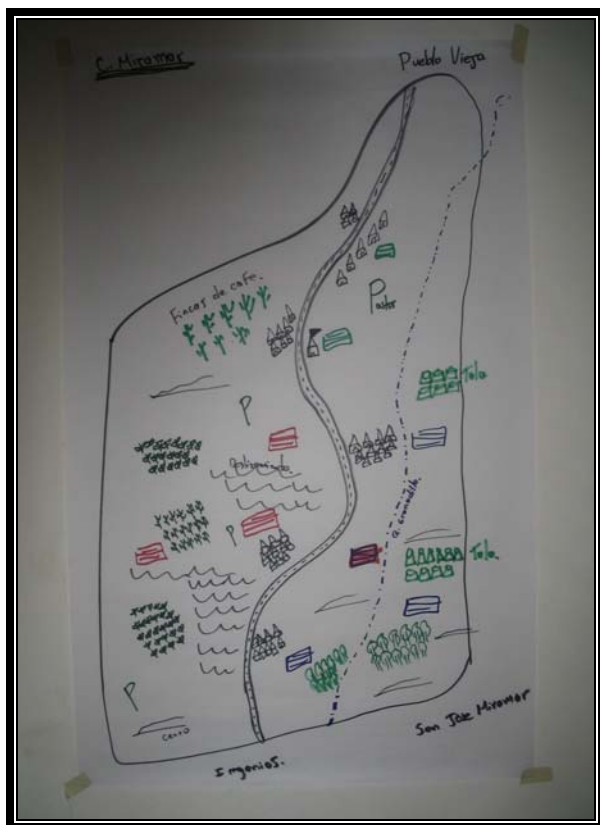
Mapa de riesgo comunidad La Cumbre de San Juan



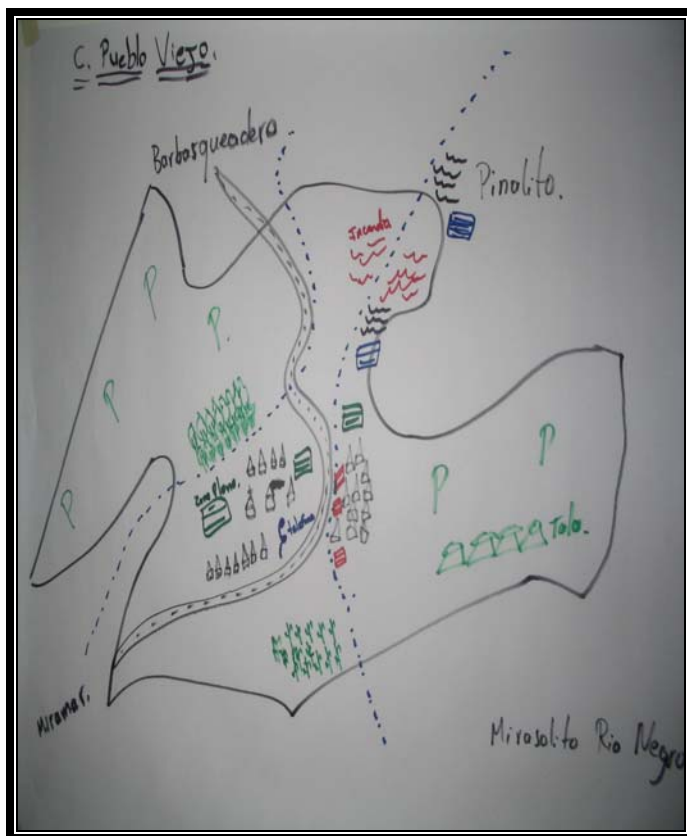
Mapa de riesgo comunidad Cabañas



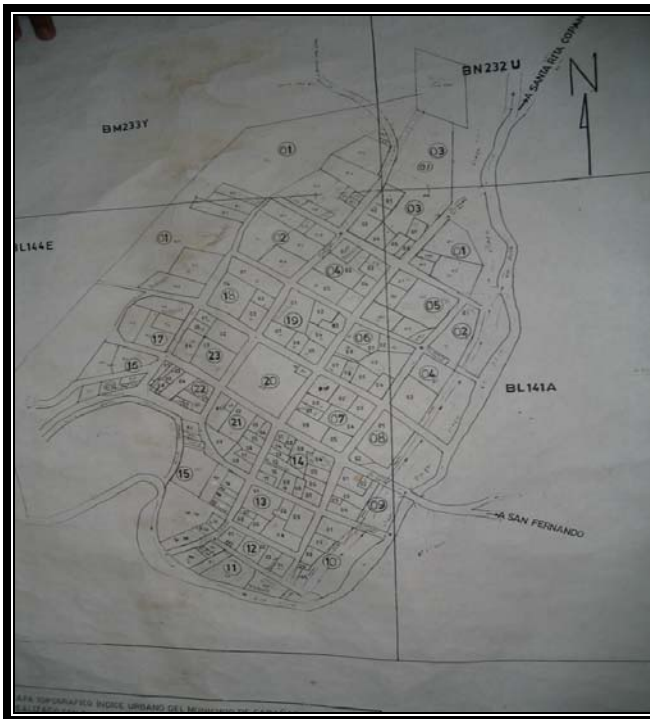
Mapa de riesgo comunidad Miramar



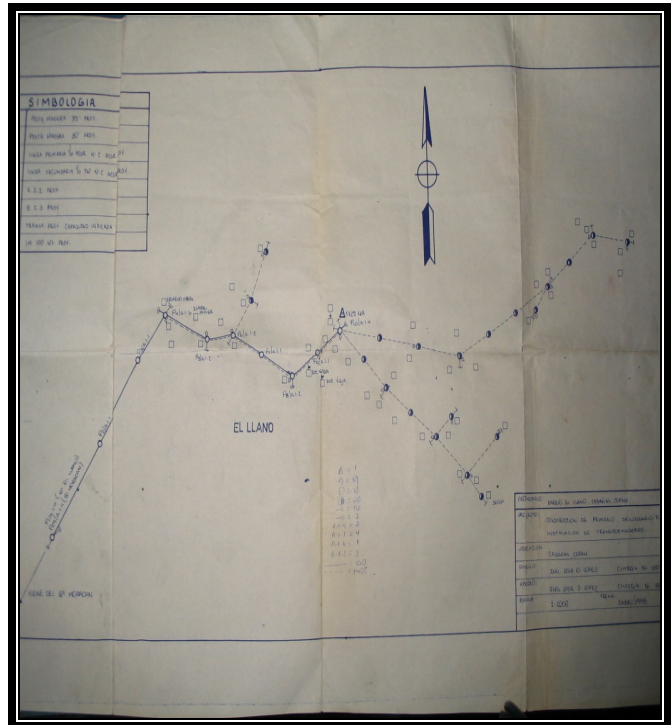
Mapa de riesgo comunidad Pueblo Viejo



Mapa catastro de cabañas



Mapa Comunidad El Llano



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**CATIE**

**FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO**

**Fecha de visita**

**Comunidad**

**1. VULNERABILIDAD FÍSICA**

Viviendas totales en la comunidad \_\_\_\_\_

Ubicación de viviendas

Material de construcción

Ladera \_\_\_\_\_ ribera de río \_\_\_\_\_

Ba \_\_\_\_\_ Ta \_\_\_\_\_ Ad \_\_\_\_\_ Bl \_\_\_\_\_

La \_\_\_\_\_

Acceso a albergue si \_\_\_\_\_ no \_\_\_\_\_

Accesibilidad a la comunidad (vehículo)

Difícil todo el año \_\_\_\_\_ Ene-mayo \_\_\_\_\_ Ene-ago \_\_\_\_\_ Ene-oct \_\_\_\_\_

Fácil todo el año \_\_\_\_\_

Con qué frecuencia se han producidos los mayores daños por inundación y deslizamientos?

- Varias veces al año \_\_\_\_\_
- Cada año \_\_\_\_\_
- Cuando ocurren huracanes \_\_\_\_\_
- Provocado por Mitch \_\_\_\_\_

¿Cuál es el porcentaje aproximado de daños de las carreteras cuando se presentan períodos prolongados de lluvia?

¿Cuál fue el porcentaje de daños en las líneas de servicios básicos de agua potable, ocasionados por Mitch?

¿Cuántas viviendas fueron dañadas por inundaciones o deslizamientos ocasionadas por Mitch?

¿Cuándo ocurrió el Mitch qué cultivos se dañaron y cuántas manzanas de área cultivada?

## 2. VULNERABILIDAD SOCIAL

No. de organizaciones comunales: \_\_\_\_\_ Cuales \_\_\_\_\_

No. de instituciones presentes: \_\_\_\_\_ cuales \_\_\_\_\_

Índice de población

Población total \_\_\_\_\_ área comunidad \_\_\_\_\_

Acceso a medios de Comunicación

Radio \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_

## 3. VULNERABILIDAD ECOLÓGICA

Realizan Conservación de suelos

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Área (%) \_\_\_\_\_

## 4. VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Ocupación (% aproximado de la comunidad)

Empleado \_\_\_\_\_ Desempl \_\_\_\_\_ Trab. Prop. \_\_\_\_\_

Ingresos mensuales \_\_\_\_\_

Principales Actividades productivas: \_\_\_\_\_

Acceso a Servicios Públicos Básicos Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ cuales \_\_\_\_\_

Valor promedio de la manzana de tierra para construcción de vivienda en la comunidad  
\_\_\_\_\_ Lps

## 5. VULNERABILIDAD POLÍTICA

Existen líderes comunitarios Si \_\_\_ No \_\_\_ Nombre(s) \_\_\_\_\_

¿Existe alguna restricción (ley u ordenanza municipal) para la contratación inadecuada de viviendas en zonas de riesgo a inundaciones y deslizamientos? Se aplica la ley

## 6. VULNERABILIDAD IDEOLÓGICA

Cual es el porcentaje aproximado de la población dispuesta a colaborar ante una amenaza por inundaciones o deslizamientos \_\_\_\_\_

Cuáles son las amenazas latentes y el grado de las mismas en períodos lluviosos que pueden afectar a la comunidad?

¿Cuándo se han presentado inundaciones a que horas del día han ocurrido los mayores daños y si es por la mañana, tarde o noche a qué hora son más peligrosas a su manera de ver?

¿Cuál es el porcentaje de la población que es pasiva ante una inundación como la del Mitch?

Cuando han habido problemas por desastres naturales en la comunidad, que porcentaje de la población según los comentarios dicen que los desastres naturales son producto del castigo divino \_\_\_\_\_

## **7. VULNERABILIDAD EDUCATIVA**

- 1.Cuál es el número de estudiantes?
- 2.¿Tiene una cifra aproximada y/o porcentaje de población que sabe leer y escribir?
- 3.¿Número aproximado de charlas al año de educación ambiental que dan los maestros de la comunidad y profesionales de otras instituciones que operan en la comunidad?
- 4.¿Cuántos programas radiales de información ambiental se escuchan por día en su comunidad?
- 5.¿Cuántos productores o porcentaje de estos son capacitados por año en aspectos de asistencia técnica de producción agrícola y manejo de cuencas?
- 6.¿Cuál es el porcentaje de población que recibe capacitación en prevención de desastres?

## **8. VULNERABILIDAD TÉCNICA**



¿Cuál es el porcentaje aproximado de estructuras físicas con técnicas de construcción en zonas de riesgo a inundaciones?

¿Con qué frecuencia se aplica mantenimiento a puentes y obras hidráulicas?

### **FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO (Líderes comunitarios)**

1. ¿Cuántas organizaciones existen en la comunidad (organizaciones comunitarias)?

2. ¿Cuántas instituciones y/u organizaciones realizan algún tipo de actividad en la comunidad?  
De forma temporal: \_\_\_\_\_

Presencia permanente: \_\_\_\_\_

3. ¿Dónde son atendidos los problemas de salud de los miembros de la comunidad?

En Cabañas: \_\_\_\_ En la comunidad: \_\_\_\_ En Santa Rita: \_\_\_\_

En otra comunidad dentro de la cuenca: \_\_\_\_\_

4. Tipo de servicio de salud existente en la comunidad y/o cuenca:

\_\_ Ninguno \_\_ Guardián de salud \_\_ Puesto de salud \_\_ Centro de salud \_\_ Hospital  
otro \_\_\_\_\_

5. En promedio: ¿cuántos proyectos comunales son ejecutados (con apoyo de municipal) anualmente? ¿Qué tipo de proyectos?

6. ¿Existen representantes de la comunidad ante la municipalidad?. ¿Cuántos miembros? Desarrollando que función.

7. ¿Existe en la zona algún tipo de equipo para prevenir y/o reducir el riesgo a desastres naturales?. ¿Dónde?

## **9. VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL**

### **FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS DE CAMPO (Instituciones y/u organizaciones)**

1. ¿Trabaja en actividades relacionadas con la prevención y mitigación de desastres naturales? ¿Qué tipo de actividades realiza, con quien las realiza y como las realiza?
2. Si realiza algún tipo de actividad orientada a la temática anterior: ¿Que porcentaje de los técnicos han sido capacitados en esa área?
3. ¿La institución ha elaborado planes de mitigación para la comunidad y/o la zona?. ¿Qué porcentaje de ese plan se ha ejecutado?
4. ¿La institución cuenta con algún tipo de equipo para prevenir y/o mitigar desastres naturales que puedan afectar a la comunidad?
5. Si las medidas de mitigación que se implementan en la comunidad incluyen la construcción de estructuras físicas: ¿Utilizan técnicas de construcción adecuadas según el propósito de la obra?

Anexo 35. Variables e indicadores de vulnerabilidad a deslizamientos y su respectiva fuente de información.

Tipo de Vulnerabilidad	Variables respuesta	Indicador	Fuente de recolección
Física	Asentamientos humanos en ladera	No. de casas en ladera	Encuesta y visitas de campo
	Resistencia de estructuras	Tipo de construcción	Encuesta
	Infraestructuras destinadas a emergencias	Número presente	Encuesta y visitas de campo
	Accesibilidad a la comunidad	Accesibilidad durante el año	Encuesta
Social	Organización comunal	No. de organizaciones	Encuesta y talleres
	Instituciones presentes en la zona	No. de instituciones	Encuesta
	Población	Índice de población	Censo 2001 INE
	Acceso a medios de comunicación	% de la población que tiene radio	Encuesta
	Ubicación del servicio de salud	Ubicación	Encuesta
	Tipo de servicio de salud	Tipo de servicio	Encuesta
Política	Apoyo gubernamental en proyectos de la comunidad	No. proyectos ejecutados por año	Encuesta, talleres
	Participación comunitaria en las decisiones locales	No. de representantes de la comunidad	Encuesta
	Liderazgo en la comunidad	% de la población que reconoce a los líderes	Encuesta
Técnica	Equipos y obras para prevenir o mitigar el riesgo	Disponibilidad de equipo	Encuesta, recorrido de campo
	Tecnología de construcción en zonas de riesgo	% de infraestructura con técnicas de construcción	Recorrido de campo
Ecológica	Deforestación	% de área deforestada	Mapa de uso actual
	Agricultura migratoria	% Área sin obras de conservación	Recorrido de campo, Encuesta
EDUCATIVA	Educación analfabetismo	% de analfabetismo	Diagnóstico de Cabañas
	Grado de escolaridad	Grado de escolaridad	Diagnóstico de Cabañas
	Educación orientada a la educación	% de la población capacitada	Encuestas, Diagnóstico de Cabañas

<b>Tipo de Vulnerabilidad</b>	<b>Variables respuesta</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fuente de recolección</b>
CULTURAL	Participación de la mujer en actividades preventivas	% de mujeres	Encuestas
	Programas radiales y TV prevención de riesgo	No. de programas	Encuestas
	Integración intercomunal para prevención	% de la población dispuesta a trabajar en equipo.	Encuestas, talleres
Ideológica	Reacción comunal en la fase de predesastre	% de participación comunal	Encuestas, talleres
	Reacción comunal en la fase de impacto	% de participación comunal	Encuestas, talleres
	Percepción fatalista	% de la población	Encuestas, talleres
Económica	Desarrollo económico	Ingreso per cápita	Diagnóstico de Cabañas, encuestas, talleres
	Dependencia económica	No. de actividades productivas	Diagnóstico de Cabañas, giras de campo
	Desempleo	% habitantes desempleados	Diagnóstico de Cabañas
	Acceso a servicios públicos	% de la población que no tiene acceso a servicios públicos	Diagnóstico de Cabañas
Institucional	Instituciones relacionadas con la prevención y mitigación de riesgos	No. de instituciones	Diagnóstico de Cabañas, encuestas, talleres
	Planes de mitigación	Planes ejecutados por año	Encuestas, talleres
	Capacitación técnica	% técnicos capacitados por año	Encuestas, talleres