



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Evaluación del riesgo a inundaciones y deslizamientos en la parte alta de la
cuenca del río Chiriquí Viejo, Panamá

Por

Catherine Annet Gálvez Hooper

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado como requisito para
optar por el grado de

Magister Scientiae en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Turrialba, Costa Rica, 2010

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación 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 EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

FIRMANTES:



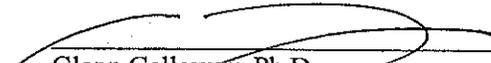
Sergio Velásquez, M.Sc.
Consejero Principal



Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Miembro Comité Consejero



Javier Saborío, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Catherine Galvéz Hooper
Candidata

DEDICATORIA

A mis padres Rubén y Otilia por su apoyo su amor y apoyo incondicional en todo momento.

A mi esposo Roberto por todos esos sabios consejos, por su amor y apoyo. A mis hermanas Patricia, Lorena y Analida por estar siempre ahí apoyándome.

A mis sobrinos para que este logro sea inspiración para ellos.

A cada uno de mis amigos y compañeros del CATIE, siempre estarán en mi corazón.

Y a toda la familia y amigos en general, por su cariño y amor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro creador

A mi profesor consejero M.Sc. Sergio Velazquez por su valioso aporte a esta investigación.

A mi profesor y miembro del comité Dr. Francisco Jiménez por su voluntad y disposición de ayuda en todo momento.

Al profesor M.Sc. Javier Saborio miembro del comité, por sus sugerencias y aportes a esta investigación.

Al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá por haberme dado la oportunidad de superarme profesionalmente.

A todo el personal administrativo, académico y técnico del CATIE.

Al señor David Samudio y a todas esas personas que de alguna u otra manera contribuyeron a la realización de esta investigación.

A mis amigos y compañeros de CATIE, promoción 2009-2010. En especial a mis queridas amigas Lily, Sandrita y Grey.

BIOGRAFÍA

La autora nació el 09 de Febrero de 1977 en Santiago de Veraguas, desarrollando sus estudios primarios en la escuela San Vicente de Paúl y sus estudios secundarios en el Liceo Santa María la Antigua, obteniendo en 1994 el título de Bachiller en Ciencias.

En 1995 ingresa en la Universidad Latina de Costa Rica, sede de Panamá donde obtiene el título de Ingeniera en Sistemas Computacionales en el 2000.

De 2003 a 2004 se desempeñó como asistente de proyecto en SIEMEC, Panamá.

Desde el año 2004 se desempeña como Analista de Sistemas de Información Geográfica en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

En el 2007 obtiene el título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica, en el Instituto de Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

En enero del 2009 ingresa al Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, donde obtiene el grado de *Magister Scientiae* en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

CONTENIDO

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
BIOGRAFÍA.....	VI
CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE CUADROS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE ANEXO	XVIII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS	XIX
RESUMEN	XX
SUMMARY	XXI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problemática	2
1.3 Importancia de la investigación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos y preguntas de investigación</i>	4
2. MARCO REFERENCIAL.....	6
2.1 Conceptos generales.....	6
2.1.1 <i>Riesgo</i>	6
2.1.1.1 <i>Características del riesgo</i>	6
2.1.2 <i>Amenaza</i>	6
2.1.3 <i>Prevención, mitigación, preparación</i>	7
2.1.4 <i>Vulnerabilidad</i>	7
2.1.5 <i>Resiliencia</i>	9
2.1.6 <i>Cuenca hidrográfica</i>	10
2.1.7 <i>Manejo integral de cuencas hidrográficas</i>	10
2.1.8 <i>El manejo de las cuencas y los desastres</i>	10

2.1.9	<i>La gestión del riesgo a desastres</i>	11
2.1.10	<i>Mapas de riesgo</i>	12
2.1.11	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG)</i>	12
2.1.12	<i>Evaluación del riesgo por medio de tecnología SIG</i>	12
2.2	<i>Desastres por eventos naturales</i>	13
2.2.1	<i>Fases de los desastres</i>	13
2.2.2	<i>Clasificación de las amenazas</i>	14
2.3	<i>Deslizamientos</i>	14
2.3.1	<i>Principales causas de los deslizamientos (CRID 2009)</i>	14
2.3.2	<i>Tipos de deslizamientos</i>	15
2.3.3	<i>Tratamiento y control de los deslizamientos</i>	16
2.3.4	<i>Método Vahrson-Mora</i>	17
2.3.4.1	<i>Aplicabilidad de la metodología</i>	17
2.3.5	<i>Ejemplos de resultados de la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos</i>	18
2.4	<i>Inundaciones</i>	20
2.4.1	<i>Factores que influyen en la incidencia de inundaciones</i>	20
	<i>Amenaza naturales</i>	20
	<i>Factores humanos</i>	20
2.4.2	<i>Medidas de tratamiento y control de inundaciones</i>	21
2.4.3	<i>Programa "FloodArea" para el cálculo de las zonas inundadas</i>	21
2.4.4	<i>Ejemplos y resultados de la identificación de zonas susceptibles a inundación</i>	22
3.	<i>METODOLOGÍA</i>	24
3.1	<i>Descripción del área de estudio</i>	24
3.1.1	<i>Ubicación geográfica</i>	24
3.1.2	<i>Características biofísicas</i>	25
3.1.2.1	<i>Clima</i>	25
3.1.2.2	<i>Geología</i>	25

3.1.2.3 Suelos	25
3.1.2.4 Cobertura vegetal y uso del suelo	25
3.1.2.5 Zonas de vida.....	25
3.1.3 <i>Características socioeconómicas</i>	26
3.2 Procedimientos metodológicos.....	26
3.3 Metodología para caracterizar los eventos activos e históricos de deslizamientos e inundaciones (Objetivo 1).....	27
3.4 Metodología para evaluar la vulnerabilidad global (Objetivo 2).....	28
3.4.1 <i>Indicadores de vulnerabilidad</i>	29
3.4.2 <i>Caracterización y valoración de la vulnerabilidad</i>	32
3.4.4 <i>Cálculo de la vulnerabilidad global</i>	44
3.5 Identificación de las zonas críticas a inundación (Objetivo 3).....	46
3.5.1 <i>Mapa comunal</i>	46
3.5.2 <i>Evaluación a zonas de inundaciones utilizando el modelo de simulación "Flood Área"</i>	47
3.6 Metodología para evaluar la amenaza de deslizamientos, utilizando el método Vahrson Mora (Objetivo 4)	47
3.6.1 <i>Estimación de parámetros de susceptibilidad y de disparo</i>	48
3.7 Determinar la percepción, estrategias y acciones de actores locales para disminuir el riesgo ante inundaciones y deslizamientos (Objetivo 5).	51
4. RESULTADOS.....	53
4.1 Eventos históricos de inundaciones y deslizamientos en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo (Objetivo 1).....	53
4.1.1 <i>Inventario histórico de inundaciones en la zona de estudio</i>	53
4.1.2 <i>Inventario histórico de deslizamientos</i>	60
4.2 Evaluación de la vulnerabilidad global (Objetivo 2).....	65
4.2.1. <i>Análisis de resultados de evaluación de la vulnerabilidad a inundaciones</i> ... 65	
4.2.2. <i>Análisis de resultados de evaluación de la vulnerabilidad a deslizamientos</i> 75	
4.3 Determinación de zonas críticas a inundaciones (Objetivo 3)	85
4.3.1. <i>Evaluación del mapeo comunitario</i>	85
4.3.2. <i>Determinación de las zonas críticas a inundaciones utilizando el modelo de simulación "Floodarea"</i>	93
4.3.2.1 <i>Características de la red de drenaje</i>	93

4.3.3. Comparación de resultados obtenidos, utilizando los dos métodos para determinar las áreas críticas a inundaciones.....	97
4.4 Evaluación de la amenaza de deslizamiento utilizando la metodología Vahrson-Mora, en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo (Objetivo 4).....	103
4.4.1 Limitaciones	103
4.4.2 Grado de amenaza a deslizamientos.....	103
4.4.3 Resultado de parámetros	109
4.5 Determinación de la percepción de actores locales así como estrategias y acciones para disminuir el riesgo ante inundaciones y deslizamientos (Objetivo 5).	118
5. CONCLUSIONES.....	128
6. RECOMENDACIONES.....	130
7. LITERATURA CITADA	132
<u>ANEXOS</u>	136

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Criterios para la identificación de deslizamientos.....	17
Cuadro 2. Variables e indicadores para cada tipo de vulnerabilidad ante la amenaza a deslizamientos.....	30
Cuadro 3. Variable e indicadores para cada tipo de vulnerabilidad ante la amenaza a inundaciones.....	31
Cuadro 4. Caracterización y valoración de los indicadores de vulnerabilidad.....	32
Cuadro 5. Escala de valoración de la vulnerabilidad	32
Cuadro 6. Valoración del indicador número de edificaciones.	33
Cuadro 7. Valoración del indicador número de estructuras por tipo de construcción....	33
Cuadro 8. Valoración del indicador número de puentes con capacidad hidráulica para avenidas máximas.....	33
Cuadro 9. Valoración del indicador número de viviendas en mal estado.....	33
Cuadro 10. Valoración del indicador número de infraestructuras existentes para emergencias.....	34
Cuadro 11. Valoración del indicador número de viviendas ubicadas entre 0 y 160 m de un río o quebrada más cercana.....	34
Cuadro 12. Valoración del indicador número de meses con accesibilidad durante el año.....	34
Cuadro 13. Valoración del indicador número de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio.	34
Cuadro 14. Valoración del indicador porcentaje de las familias que viven en zonas de inundaciones que tienen un plan de emergencia.....	35
Cuadro 15. Valoración del indicador porcentaje de centros de trabajo, comercios, etc. que viven en zonas de inundaciones que tienen un plan de emergencia.....	35
Cuadro 16. Valoración del indicador porcentaje de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.....	35
Cuadro 17. Valoración del indicador porcentaje longitudinal de franja ribereña de al menos 5 m de ancho, a ambos lados del cauce del río eliminada.	36
Cuadro 18. Valoración del indicador ingreso per cápita de las familias que viven en zonas de riesgo a inundaciones.	36

Cuadro 19. Valoración del indicador monto anual destinado a obras y actividades de prevención de inundaciones y deslizamientos por parte del Municipio y el Estado.	36
Cuadro 20. Valoración del indicador grado (%) de relevancia para los tomadores de decisiones del problema de inundaciones.	36
Cuadro 21. Valoración del indicador grado de cumplimiento de normativa ambiental que reduce riesgo de inundaciones.	37
Cuadro 22. Valoración del indicador porcentaje de la población que considera que las inundaciones ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente tienen que ocurrir.	37
Cuadro 23. Valoración del indicador porcentaje de la población que vive en la zona de riesgo a inundaciones que ha recibido capacitación en ese tema.	37
Cuadro 24. Valoración del indicador No. de eventos anuales de capacitación sobre inundaciones.	38
Cuadro 25. Valoración del indicador porcentaje de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción.	38
Cuadro 26. Valoración del indicador número de prácticas de uso de la tierra que favorecen las inundaciones.	38
Cuadro 27. Valoración del indicador porcentaje de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a inundaciones.	38
Cuadro 28. Valoración del indicador porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo	39
Cuadro 29. Valoración del indicador número de edificaciones en laderas.	39
Cuadro 30. Valoración del indicador número de estructuras por tipo de construcción.	39
Cuadro 31. Valoración del indicador número de viviendas en mal estado.	39
Cuadro 32. Valoración del indicador número de infraestructuras existentes.	40
Cuadro 33. Valoración del indicador número de viviendas, centros educativos, albergues, centros de trabajo ubicadas a menos de 300 m de un deslizamiento zona.	40
Cuadro 34. Valoración del indicador número de meses con accesibilidad durante el año.	40
Cuadro 35. Valoración del indicador número de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio.	40

Cuadro 36. Valoración del indicador porcentaje de las familias, que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia.....	41
Cuadro 37. Valoración del indicador porcentaje de centros de trabajo, comercios, etc; que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia.	41
Cuadro 38. Valoración del indicador grado (%) de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.....	41
Cuadro 39. Valoración del indicador ingreso per cápita de las familias que viven en zonas de riesgo a deslizamientos (US \$).....	41
Cuadro 40. Valoración del indicador monto anual destinado a obras y actividades de prevención de inundaciones y deslizamientos por parte del Municipio y el Estado.	42
Cuadro 41. Valoración del indicador grado (%) de cumplimiento de normativa ambiental que reduce riesgo de deslizamientos.	42
Cuadro 42. Valoración del indicador grado (%) de relevancia para las tomadoras decisiones del problema de deslizamientos.....	42
Cuadro 43. Valoración del indicador porcentaje de la población que considera que los deslizamientos ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente.	42
Cuadro 44. Valoración del indicador porcentaje de la población que vive en zona de riesgo a deslizamientos que ha recibido capacitación en ese tema.....	43
Cuadro 45. Valoración del indicador número de eventos anuales de capacitación sobre deslizamientos.....	43
Cuadro 46. Valoración del indicador porcentaje de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción.....	43
Cuadro 47. Valoración del indicador grado (%) de uso de prácticas de uso de la tierra que favorecen los deslizamientos.....	43
Cuadro 48. Valoración del indicador porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo.	44
Cuadro 49. Valoración del indicador porcentaje de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a deslizamientos.	44
Cuadro 50. Peso relativo asignado a cada tipo de vulnerabilidad para mi ponderación	45
Cuadro 51. Clasificación de la amenaza de deslizamiento.....	48
Cuadro 52. Valoración de pendientes	48

Cuadro 53. Valoración de litología	49
Cuadro 54. Valoración de precipitación para humedad	49
Cuadro 55. Valoración de humedad de suelo.....	50
Cuadro 56. Valoración de lluvias extremas	51
Cuadro 57. Valoración del mapa	51
Cuadro 58. Inundaciones históricas en las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.	54
Cuadro 59. Deslizamientos históricos en las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.	61
Cuadro 60. Vulnerabilidad integral (%) a inundaciones de las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.	67
Cuadro 61. Vulnerabilidad a inundaciones (%) por comunidad y por tipo de vulnerabilidad en la parte alta de la subcuenca del río Chiriquí Viejo	69
Cuadro 62. Vulnerabilidad a inundaciones (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad.....	69
Cuadro 63. Vulnerabilidad integral (%) a deslizamientos de las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.	76
Cuadro 64. Vulnerabilidad a deslizamientos (%) por comunidad y por tipo de vulnerabilidad en la parte alta de la subcuenca del río Chiriquí Viejo	78
Cuadro 65. Resultados de la vulnerabilidad a deslizamientos (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad	78
Cuadro 66. Resumen de la vulnerabilidad económica a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, Panamá.....	24
Figura 2. Esquema metodológico utilizado en la investigación.....	27
Figura 3. Ubicación geográfica de eventos históricos de inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.	56
Figura 4. Fotos del área de estudio donde se puede apreciar la tala de árboles y desechos de materiales sólido que producen embalses, aumentando el riesgo de inundaciones.	58
Figura 5. Fotos del área de estudio donde se puede apreciar los asentamientos humanos en áreas de riesgos e infraestructuras que impermeabilizan el suelo.....	60
Figura 6. Ubicación geográfica de eventos históricos de deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.	62
Figura 7. Un ejemplo de deslizamientos de tierras rotacionales y deslizamientos de tierra flujo de lodo, ocurridos en la zona de estudio.	63
Figura 8. Fotos del área de estudio donde se puede apreciar las prácticas inadecuadas de cultivos y asentamientos humanos en zonas de alto riesgo.....	64
Figura 9. Mapa de la ubicación de las comunidades en la cuenca alta del río Chiriquí y la vulnerabilidad correspondiente a cada una de ellas. (en todo los casos es alta).	68
Figura 10. Vulnerabilidad a inundaciones (%) por comunidad.	70
Figura 11. Vulnerabilidad a inundaciones (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad.....	70
Figura 12. Vulnerabilidad a inundaciones por tipo de vulnerabilidad	71
Figura 13. Fotos del área de estudio donde se muestra el grado de degradación de la superficie y la falta de franja ribereña.	72
Figura 14. Fotos del área de estudio donde se muestra viviendas construidas en la planicie de inundación.	74
Figura 15 Foto del sector de Bambito, donde se muestra la falta de obras destinadas a la reducción del riesgo.	74
Figura 16. Mapa de la ubicación de las comunidades en la cuenca alta del río Chiriquí y la vulnerabilidad a deslizamientos, correspondiente a cada una de ellas.	77
Figura 17. Vulnerabilidad a deslizamientos (%) por comunidad	79

Figura 18. Vulnerabilidad a deslizamientos por tipo de vulnerabilidad.....	79
Figura 19. Vulnerabilidad a deslizamientos (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad.	80
Figura 20. Donde se muestra el grado de deforestación de la comunidad de Las Nubes producto de la actividad agrícola.	81
Figura 21. Las cinco áreas para reducir la vulnerabilidad y reducir el riesgo. (Foschiatti 2006).....	84
Figura 22. Taller realizado con actores claves de las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, para evaluar la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la zona de estudio.	85
Figura 23. Mapa comunitario de riesgo a inundaciones de la comunidad de Las Nubes	87
Figura 24. Mapa comunitario de riesgo a inundaciones de las comunidades de Guadalupe y Entre Ríos.	88
Figura 25. Mapa comunitario de riesgo a inundaciones de la comunidad de Cerro Punta centro.	89
Figura 26. Mapa comunitario de riesgo a inundaciones de las comunidades de Paso Ancho y Nuevo Bambito.	90
Figura 27. Mapa comunitario de riesgo a inundaciones de las comunidades de Nueva Suiza y Bambito.	91
Figura 28. Mapa de zonas críticas a inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.....	95
Figura 29. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en la comunidad de Las Nubes.....	98
Figura 30. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en las comunidades de Guadalupe – Entre Ríos.	99
Figura 31. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en la comunidad de Cerro Punta centro.....	100
Figura 32. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en las comunidades de Paso Ancho y Nuevo Bambito.....	101

Figura 33. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en las comunidades de Nueva Suiza y Bambito.	102
Figura 34. Mapa de amenaza a deslizamientos con 24 horas de lluvia, tiempo de retorno 100 años.	105
Figura 35. Mapa de amenaza a deslizamientos con 72 horas de lluvia, tiempo de retorno 100 años.	106
Figura 36. Mapa de amenaza a deslizamientos con 24 horas de lluvia, tiempo de retorno 10 años.	107
Figura 37. Mapa de amenaza a deslizamientos con 72 horas de lluvia, tiempo de retorno 10 años.	108
Figura 38. Factor de pendiente de la zona de estudio.....	109
Figura 39. Factor de litología de la zona de estudio	110
Figura 40. Factor humedad de la zona de estudio.....	111
Figura 41. Mapa de susceptibilidad de factores correspondiente a la zona de estudio	111
Figura 42. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 100 años y lluvia de 24 horas de duración.....	112
Figura 43. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 100 años y lluvia de 72 horas de duración.....	113
Figura 44. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 10 años y lluvia de 24 horas de duración	114
Figura 45. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 10 años y lluvia de 72 horas de duración	114
Figura 46. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (24 horas).	115
Figura 47. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (72 horas)	115
Figura 48. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (24 horas).	116
Figura 49. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (72 horas).	116

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Guía de entrevistas de eventos históricos de inundaciones y deslizamiento	137
Anexo 2. Lista de participantes a taller de vulnerabilidad	139
Anexo 3. Formato de entrevistas sobre la percepción de los actores claves con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos, así como estrategias y acciones para reducir el riesgo.....	140
Anexo 4. Estimación de la lluvia máxima de las estaciones meteorológicas seleccionadas.....	143
Anexo 5. Resultados de la calificación de vulnerabilidad obtenida para cada indicador	145

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANAM: Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá

ARAP: Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CENAPRED: Centro Nacional de Prevención y Desastres

CRID: Centro Regional de Información sobre Desastres América Latina y el Caribe

EIRD: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas

ETESA: Empresa de Transmisión Eléctricas S.A., Gerencia de Hidrometeorología

IDIAP: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo

IGN: Instituto Geográfico Nacional

PNUD: Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

MET-ALARN: Metodologías para el análisis local de amenazas naturales y riesgos en Nicaragua

MIDA: Ministerio de Desarrollo Agropecuario

MIVI: Ministerio de Vivienda

MOP: Ministerio de Obras Públicas

SIG: Sistema de Información Geográfica

SINAPROC: Sistema Nacional de Protección Civil

RESUMEN

Palabras claves: Manejo de cuencas, amenazas, vulnerabilidad, susceptibles, simulación hidrológica, SIG, mapeo comunitario.

La presente investigación fue desarrollada en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, Provincia de Chiriquí, Panamá. Se evaluaron ocho comunidades que pertenecen a la zona de estudio, estas son: Paso Ancho, Bambito, Nuevo Bambito, Nueva Suiza, Las Nubes, Cerro Punta centro, Guadalupe y Entre Ríos.

El objetivo fue evaluar el riesgo a inundaciones y deslizamientos en la zona de estudio, para generar información de base que cubra aspectos de identificación de áreas susceptibles a riesgos por deslizamiento (metodología de Vahrson Mora) e inundaciones (modelo de simulación "Floodarea" y mapeo comunitario), así como información sobre las percepciones locales y estrategias para reducir los riesgos. Se caracterizaron los eventos históricos, así como también se estimó la vulnerabilidad y se ubicaron las áreas más vulnerables con la ayuda de los sistemas de información geográfica (SIG).

Los resultados de la evaluación muestran que las comunidades presentan una vulnerabilidad alta para ambas variables analizadas (inundaciones 74% y deslizamientos 71%). Las vulnerabilidades ecológica, social, económica y política resultaron ser de las más altas. En cuanto a los resultados de la caracterización de los eventos históricos para ambas amenazas, se identificó la causa principal de las inundaciones, las precipitaciones intensas y de corta duración provocadas por temporales. La sobreexplotación y mal uso del suelo, la deforestación son las causas principales de los deslizamientos en la zona de estudio.

Los mapas de amenaza a inundaciones de la parte alta de la cuenca se obtuvieron con el programa "Floodarea" a partir del modelo digital de elevación (30x30 m). Estos mapas muestran que todas las comunidades son vulnerables, ya que el modelo mostró inundaciones en toda la parte alta de la cuenca. La comunidad que muestra más afectación es Guadalupe, por lo que los elementos localizados en esta área corren el riesgo de ser destruidos o severamente dañados de presentarse una fuerte avenida. 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. Los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología de Varshon- Mora para determinar las áreas a deslizamiento, muestran que para lluvias de 24 horas y 72 horas con un período de retorno de 100 años la susceptibilidad a inundaciones es moderada, medianamente alta y alta. Para un período de retorno de 10 años con 24 horas y 72 de lluvia, los resultados indican una susceptibilidad en la zona de baja, moderada y alta. Sobre la percepción de los habitantes en cuanto a las estrategias para reducir los riesgos a inundaciones y deslizamientos, los mismos indican que en la zona de estudio, no se cuenta con la preparación ni capacitación para hacerle frente a estas amenazas, de igual forma consideran que se deben implementar estrategias concretas para reducir las mismas y el establecimiento de planes de emergencia.

SUMMARY

Keywords: Watershed management, hazards, risks, vulnerability, flood, landslides, hydrological simulation, GIS, communitarian mapmaking

This research was carried out in the upstream area of the Chiriquí Viejo River, Chiriquí Province, Republic of Panama. The study area comprises eight communities: Paso Ancho, Bambito, Nuevo Bambito, Nueva Suiza, Las Nubes, Cerro Punta Centro, Guadalupe and Entre Ríos.

Its objective was to assess the risk to flooding and landslides in the study area. For this purpose, three main activities were carried out. Firstly, gathering of baseline information encompassing those aspects as landslide hazardous area identification (Vahrson-Mora Method), and flooding (Floodarea simulation and communitarian mapmaking). Second, identification of local communities perceptions and strategies for risk reduction. And third, historical events of flooding and landslide were gathered, this included the pinpointing of the most vulnerable areas with the support of GIS.

The results show that the communities present high vulnerability to both variables (flooding 74% and landslide 71%). Moreover, the ecological, social, economical and political vulnerabilities were the highest. Concerning the historical events analysis, vulnerability to flooding is caused by short duration and high intensity precipitations.

Historical vulnerability to landslide is entailed by soil deforestation, overexploitation and inappropriate land use.

Maps of hazards to flooding were obtained with the Floodarea software based on the Digital Elevation Model (DEM) (30 x 30 m). Although these maps point all communities as vulnerable to floods, the elements located at Guadalupe appear as the most likely to be destroyed or severely damaged in case of flooding.

The communitarian mapmaking results overlap to those obtained through the GIS. The main difference between the two methods lay in the flood hazards identified. For instance, the participatory method identified those hazards that were evident to the eye. Conversely, the GIS identified hazards that were not evident to the naked eye. The landslide vulnerable areas identified through the use of the Vahrson-Mora method, show that for a 100 years return period's precipitations of 24 and 72 hours the susceptibility to flooding is moderate, mean high, and high. For a return period of 10 years, with 24 and 72 hours of precipitation, the results show a low, moderate and high susceptibility.

Finally, concerning habitants' perceptions to the strategies aimed to reduce the risks to flooding and landslide, it indicates that habitants are not trained nor prepared to deal with these hazards. The habitants consider that concrete strategies in order to reduce the hazards should be implemented and emergency plans should be created.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las pérdidas por desastres son causadas por interacciones entre la amenaza y las características de los elementos expuestos que los hacen susceptibles a daños. El potencial destructivo de una amenaza es una función de su magnitud, duración, localización y momento de ocurrencia del evento. Para que los elementos expuestos a determinada amenaza sean dañados se requiere que sean vulnerables a esa amenaza, esto es, que los elementos deben tener características intrínsecas o vulnerabilidades que les permitan ser dañados o destruidos. Elementos valiosos pero vulnerables incluyen a las personas, infraestructura y usos de la tierra de importancia económica y ambiental (EIRD 2009).

La mayoría de los eventos adversos ocurridos en Panamá durante los últimos años, catalogados como desastres, han sido del tipo meteorológico. Como consecuencia de estas perturbaciones atmosféricas, los deslizamientos de tierra e inundaciones han producido pérdidas de vidas y deterioro de las economías de las personas que han sido afectadas (Rivera 2003). Dentro de sus provincias, Chiriquí ha sido una de las más afectadas por inundaciones y deslizamientos con un 10,5 % y 26%, respectivamente, de los eventos ocurridos (ANAM 2006).

La provincia de Chiriquí se ubica en el sector oeste de Panamá. Su superficie total es de 6548 km², con una población de 400 000 habitantes (DEC 2000). Se caracteriza por ser una de las más pujantes por la diversidad de actividades productivas en la parte agrícola y pecuaria.

El clima de la provincia es templado en la tierra alta y húmedo tropical en sus tierras bajas (ETESA 2001). Las precipitaciones máximas pueden llegar a los 7000 mm anuales en las tierras altas de Chiriquí (IGN 1987). La precipitación media anual tendría una tendencia de aumento para los próximos años (ETESA 2008). También es común que haya condiciones de baja presión y de frentes fríos. Esto conlleva niveles de precipitación más altos que los normales. Por ejemplo, el 30 de noviembre del 2008, en la estación meteorológica de Cerro Punta, la precipitación registrada fue de 449 mm, en comparación con los 275 mm de promedio histórico de 35 años, lo que significa un incremento de 63% respecto a la lluvia máxima en el mismo período. Más aún, durante el evento de 2008, no se pudo disponer de la información de lluvia de la estación ubicada en la comunidad de Volcán, ya que la estación fue dañada en la crecida y se estima que el porcentaje de aumento en la lluvia fue aún mayor (ETESA 2008).

En la cuenca existe un nivel importante de institucionalidad y marco legal. Por ejemplo, la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) entidad rectora y emisora de las normas

ambientales, el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) que es la institución encargada de ejecutar medidas, disposiciones y órdenes tendientes a evitar, anular o disminuir los efectos que la acción de la naturaleza o la antropogénica pueda provocar sobre la vida y bienes de la sociedad. Existen otras instituciones públicas que indirectamente están involucradas en la protección del ambiente y en la mitigación de los desastres por eventos naturales: MIDA, IDIAP, ARAP, MIVI, MOP y la Contraloría, entre otras. A nivel municipal están los propios gobiernos locales, comité de cuencas y Organismos No Gubernamentales (ONG).

Mención especial merece la Plataforma Nacional de Reducción de Riesgo de Desastres de la República de Panamá (CEPRENAC), que fue creada para reducir el impacto que ocasionan los desastres en las comunidades en riesgo de todo el territorio nacional.

En lo que respecta al marco legal, está la Ley 41 (Ley General del Ambiente), la Ley 44 del 2002 (Manejo, Protección y Conservación de las Cuencas Hidrográficas), el Decreto Ejecutivo 402, del 12 de noviembre de 2002 y la Ley 7, del 11 de febrero de 2005, que crea la plataforma CEPREDENAC-Panamá. Esta legislación es de gran utilidad para la toma de decisiones a distintas instancias, pero, debido a la falta de alianzas interinstitucionales se duplican esfuerzos y muchas veces esto ocasiona duplicidad de datos y provoca que la información se encuentre dispersa en diferentes instituciones. Es necesario establecer lineamientos y políticas públicas para corregir estas fallas.

1.2 Problemática

En la provincia de Chiriquí hay cinco cuencas, siendo la cuenca del río Chiriquí Viejo una de las más importantes, no solo en la Provincia, sino en toda la república de Panamá. La cuenca alta del río Chiriquí Viejo se encuentra emplazada en la región occidental de la provincia de Chiriquí y tiene una superficie aproximadamente de 131,5 km², en un sistema montañoso con pendientes muy fuertes y altitudes que alcanzan hasta los 2874 metros sobre el nivel del mar (Rivera 2003). La cuenca alta del río Chiriquí Viejo tiene una gran importancia socioeconómica para el país, por ser una zona agropecuaria muy productiva, especialmente en cultivos de hortalizas, legumbres, café, frutales y producción de leche.

A la condición de alta precipitación se le suma la degradación física acelerado del suelo debido a la deforestación y a la agricultura y ganadería poco sostenibles, las cuales han dejado al descubierto los taludes, aumentando de esta manera la escorrentía superficial y la erosión. La pérdida de suelo se ha estimado en unas 200 toneladas por hectárea por año (Universidad de Panamá 2007). Esta tierra se deposita en los ríos y posteriormente provoca un incremento de daños por inundaciones y deslizamientos. Esta situación es agravada por pendientes pronunciadas, la eliminación de las franjas ribereñas y la falta de programas de conservación de los recursos naturales y de prevención y mitigación de desastres.

El resultado de la combinación entre eventos de precipitación alta y laderas vulnerables, conlleva que en la cuenca se reporten históricamente numerosos deslizamientos e inundaciones. Un ejemplo es el ocurrido en la semana del 22 al 30 de noviembre del 2008, debido a un sistema de baja presión que mantuvo una fuerte inestabilidad al país, especialmente en las provincias de Chiriquí y de Bocas del Toro. Los deslizamientos e inundaciones dejaron 715 afectados (entre ellos seis muertos) en los Corregimientos de Cerro Punta y Volcán (SINAPROC 2008) (Anexo 3), además de miles de dólares en pérdidas materiales (PNUMA 2008).

Las autoridades locales y nacionales son conscientes de la situación de vulnerabilidad ante deslizamientos e inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo. Sin embargo, para una gestión de riesgo adecuada se necesita información de base, la cual es escasa y la poca que existe está dispersa en diferentes instituciones, siendo muy difícil su ubicación y uso y en muchos de los casos, se carece de la misma. Por ende, hace falta información, tanto para evaluar y determinar estrategias y acciones para reducir los riesgos a inundaciones y deslizamientos, así para establecer las zonas vulnerables a estas amenazas.

1.3 Importancia de la investigación

Con esta investigación se pretende generar información de base que cubra aspectos de identificación de áreas susceptibles a riesgos por deslizamiento e inundación, así como información sobre las percepciones locales asociadas a este riesgo. Además se describirán los eventos históricos de inundaciones y deslizamientos. La información generada permitirá explicar factores asociados a la situación de vulnerabilidad de la zona, entregará descripciones importantes sobre las percepciones de los pobladores ante el riesgo y los factores asociados a las causas de la vulnerabilidad. De esta forma, se logrará que las instituciones competentes posean información que les permita tomar algunas medidas de prevención o mitigación, así como tener elementos de base para apoyar la toma de decisiones por parte de los responsables de velar por la reducción de la vulnerabilidad y riesgo a desastres.

La información generada a través de esta tesis servirá para dos públicos meta: en primer lugar, para las instituciones directa o indirectamente involucradas en la gestión de riesgo. En segundo lugar, para los actores locales quienes son más susceptibles al riesgo de deslizamientos e inundaciones.

De esta forma, la investigación tiene una primera importancia como insumo para la formulación de políticas. Los resultados, conclusiones y recomendaciones, podrán ser retomados por autoridades nacionales o por autoridades locales. Las primeras tendrán interés por conocer de qué forma mejorar las regulaciones sobre ordenamiento territorial

(incluyendo los planes de gestión de cuenca). Las segundas (los gobiernos locales), tendrán interés por acciones más concretas, por ejemplo qué aportes puede dar el proyecto de investigación para la promulgación de ordenanzas.

El segundo público meta, los actores locales (agricultores, pobladores, organismos de desarrollo, medios de comunicación), podrán aprovechar los resultados de la investigación para reflexionar sobre su relación con el territorio. Por ejemplo, planteándose si el uso que dan al suelo es el adecuado, si se deben involucrar en actividades de prevención o en comités de cuenca. En este sentido es clave la estrategia de devolución de resultados a los pobladores y las alianzas que se puedan hacer con el primer grupo de interesados.

Finalmente, otro potencial interesado en los resultados será la comunidad académica. La metodología utilizada para elaborar la tesis puede servir como estudio de caso y complemento para otras que ya existen (como el caso de la metodología Vahrson-Mora para evaluar riesgo a deslizamientos), sirviendo de base para una eventual publicación en revistas técnica o científicas, o como inspiración conceptual para su replicación en otras cuencas con problemas similares.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el riesgo a inundaciones y deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, Panamá, como base para un proceso de gestión del riesgo a desastres.

1.4.2 Objetivos específicos y preguntas de investigación

§ Caracterizar los eventos históricos de inundaciones y deslizamientos ocurridos en la parte alta del río Chiriquí Viejo.

¿Cuáles han sido los eventos históricos de inundaciones ocurridos en la parte alta del río Chiriquí Viejo? ¿Qué características socio-ambientales lo han ocasionado?

¿Cuáles han sido y son los deslizamientos activos e históricos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo y qué características geofísicas, antrópicas y meteorológicas los han ocasionado, dónde están ubicados?

§ Evaluar la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad a inundaciones de las comunidades de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo?

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad a deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo?

§ **Determinar las zonas críticas a inundaciones en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.**

¿Cuáles son las zonas críticas a inundaciones percibidas por los pobladores en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo?

¿Cuáles son las zonas susceptibles a inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo utilizando el modelo FloodArea?

§ **Evaluar la amenaza de deslizamientos utilizando la metodología Vahrson-Mora.**

¿Dónde están ubicadas y cuál es el grado de amenaza de deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo?

§ **Determinar la percepción de actores locales con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos, así como estrategias y acciones para reducir el riesgo.**

¿Cuál es la percepción de actores locales con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo?

¿Cuáles son las estrategias y acciones para reducir el riesgo en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo?

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Conceptos generales

2.1.1 Riesgo

Es la probabilidad de sufrir algo dañino (efectos, consecuencias) debido a la ocurrencia de un fenómeno natural, socionatural o de origen antrópico, que está íntimamente relacionado con la vulnerabilidad que tienen los elementos en riesgo de ser afectados por un evento desastroso, es decir, es una función de la amenaza por la vulnerabilidad: $\text{Riesgo} = (\text{Vulnerabilidad} \times \text{Amenaza})$. Bajo esta fórmula, y dado que es poco lo que se puede hacer para reducir las amenazas, resulta evidente que la manera directa de reducir el riesgo es reduciendo la vulnerabilidad (Jiménez 2009).

Los elementos del riesgo son todos aquellos, expuestos de alguna manera a las amenazas y a sus interacciones con la vulnerabilidad, tales como la población, edificaciones, obras civiles, actividades económicas, servicios públicos y de comunicación, recursos naturales y la infraestructura expuestas en un área determinada, entre otros.

2.1.1.1 Características del riesgo

Una característica del riesgo es su carácter dinámico y cambiante en la medida que también son dinámicos y cambiantes los elementos que lo producen (amenaza y vulnerabilidad). Es un proceso en movimiento, siempre en vías de actualización. La construcción de un escenario de riesgo debe considerar la prospección sobre “¿qué pasa?” si cambian en uno u otro sentido las amenazas y los factores de vulnerabilidad (Wilches-Chaux 1993).

El riesgo solamente puede existir al concurrir tanto una amenaza como determinadas condiciones de vulnerabilidad. El riesgo se crea en la interacción de amenaza con vulnerabilidad en un espacio y tiempo particular. De hecho, amenazas y vulnerabilidades son mutuamente condicionadas o creadas. No puede existir una amenaza sin la existencia de una sociedad vulnerable y viceversa. Un evento físico de la magnitud o intensidad que sea no puede causar un daño social si no hay elementos de la sociedad expuestos a sus efectos (PNUD 1999).

2.1.2 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).

2.1.3 Prevención, mitigación, preparación

Prevención

Son las medidas y acciones dispuestas con anticipación que buscan prevenir nuevos riesgos o impedir que aparezcan. Significa trabajar en torno a amenazas y vulnerabilidades probables. Visto de esta manera, la prevención de riesgos se refiere a la gestión prospectiva del riesgo, mientras que la reducción de riesgos se refiere a la gestión correctiva. Dado que la prevención absoluta rara vez es posible, la prevención tiene una connotación semi-utópica y debe ser vista a la luz de consideraciones sobre el riesgo aceptable, el cual es socialmente determinado en sus niveles (Lavell *et al.* 2003).

Mitigación

Definición de medidas de intervención (estructurales y no estructurales) destinadas a eliminar o reducir la incapacidad de una comunidad para absorber el impacto de un fenómeno, es decir, reducir su impotencia frente al riesgo, ya sea de origen natural, socio-natural ó humano, al hacerla más autónoma, más dueña de sus relaciones con su entorno.

Preparación

Medidas para organizar y facilitar los operativos para el efectivo y oportuno aviso, salvamento y rehabilitación de la población y la economía en caso de desastre. La preparación se lleva a cabo mediante la organización y planificación de las acciones de alerta, evacuación, búsqueda, rescate, socorro y asistencia que deberán realizarse en caso de emergencia (CEPREDENAC 2009).

2.1.4 Vulnerabilidad

Es el grado de daño o pérdida susceptible de experimentar por un elemento bajo riesgo (personas, edificaciones, entre otros) resultados de la probable ocurrencia de un evento de una magnitud e intensidad dada (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad global

Se define como la interacción de factores y características (internas y externas) que resultan en la incapacidad del sistema (cuenca, comunidad) de responder adecuadamente ante la presencia de una amenaza determinada. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad física

Es aquella asociada a las deficiencias en las características físicas y en la ubicación física de los elementos en riesgo.

Por ejemplo: localización de asentamientos humanos en zonas de riesgo físico, deficiencias en estructuras y obras físicas, etc. debido a falta de planificación, reglamentos, falta de opciones de menor riesgo, alta productividad agrícola, pobreza (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad económica

Es aquella asociada al nivel de ingreso de los habitantes, de los municipios, los países, a la pobreza, a las políticas económicas y de presupuesto. Ejemplos: bajo ingreso real, desempleo, inestabilidad laboral, dificultad de acceso a servicios básicos (salud, educación, vivienda, alimentación), inexistencia de control local de medios de producción, falta de crédito y financiamiento. A nivel de países: dependencia económica, falta de recursos para atender necesidades, restricciones al comercio internacional de productos, políticas monetarias, etc. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad social

Es aquella asociada a deficiencias en los mecanismos de organización, participación y gobernanza de las comunidades y la sociedad en conjunto. Ejemplo: bajo nivel de organización de las comunidades, falta de liderazgo, falta de capacidad de gestión, falta de programas y proyectos de desarrollo, falta de planes de emergencia ante desastres, escasa participación local, etc. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad política

Es aquella asociada a las deficiencias y debilidades de la organización y conformación de la estructura política al nivel comunal, municipal y nacional. Por ejemplo: alto grado de centralización en toma de decisiones y en la organización gubernamental, debilidad de la autonomía de decisión en los niveles locales y comunitarios, manejo politiquero de situaciones de riesgo y desastre, falta de voluntad política para implementar programas formales de educación y de planificación (ordenamiento territorial), etc. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad técnica

Es aquella asociada a las deficiencias en la actividad humana en la aplicación de conocimientos, habilidades, destrezas y procedimientos (reglas, normas o protocolos) para obtener un resultado determinado. Ejemplos: técnicas inadecuadas de construcción de edificios, viviendas, obras civiles, redes de servicios públicos (agua, electricidad, saneamiento, comunicación), técnicas agrícolas, ganaderas, forestales, industriales, de manejo de desechos urbanos deficientes, falta de personal con preparación técnica para apoyar acciones de prevención y mitigación, etc. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad ideológica y cultural

Es aquella asociada a la forma en que los seres humanos conciben el ambiente en el que viven y con el que interactúan, así como la forma en que los individuos se ven a sí mismos en la sociedad y como conjunto local, municipal, nacional. Ejemplos: pasividad, fatalismo, existencia de mitos, afiliaciones religiosas, étnicas, etc., papel de los medios de comunicación en consolidar imágenes estereotipadas, información amarillista, etc. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad educativa

Es aquella asociada a la deficiencia o ausencia en los programas de capacitación, educación y en el fortalecimiento de capacidades que preparen en tema de la gestión del riesgo a desastres. Ejemplos: La ausencia de programas de capacitación para enfrentar a nivel individual, familiar y comunal eventuales desastres, falta de incorporar en los programas formales de educación, la enseñanza de la prevención y mitigación ante desastres, falta de personal capacitado para enseñar esta temática, etc. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad ecológica

Son las condiciones ambientales presentes en una zona, esto es, cuanto más sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica. (Jiménez 2010).

Vulnerabilidad institucional

Es aquella asociada a la ausencia o deficiencia en la institucionalidad local, municipal y nacional para participar y responder oportunamente en la gestión del riesgo a desastres. Ejemplos: pocas instituciones presentes en la cuenca, falta de coordinación interinstitucional, mecanismos de contratación, manejo de presupuesto, procedimientos legales, etc. que no permiten responder rápidamente a situaciones de emergencia, poco interés de instituciones públicas y privadas en establecer planes de emergencia y de participar en la preparación de la comunidad, etc. (Jiménez 2010).

2.1.5 Resiliencia

Capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a amenazas a adaptarse, resistiendo o cambiando con el fin de alcanzar y mantener un nivel aceptable en su funcionamiento y estructura. Se determina por el grado en el cual el sistema social es capaz de auto-organizarse para incrementar su capacidad de aprendizaje sobre desastres pasados, con el fin de lograr una mejor protección futura y mejorar las medidas de reducción de riesgo de desastres (EIRD 2009).

2.1.6 Cuenca hidrográfica

Se define como una unidad natural, sus límites físicos son definidos por la divisoria superficial de las aguas, también conocida como "parteaguas", que ante la ocurrencia de precipitaciones y la existencia de flujos o caudales base, permite configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar, o a otros cuerpos de agua, como los lagos, embalses artificiales y naturales, humedales, desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión en la zona de menor altitud (Jiménez 2009).

Sin embargo bajo un enfoque integral e integrado, se refiere a la unidad de gestión territorial definida fundamentalmente por la red de drenaje superficial, en la cual interacciona biofísica y socioeconómicamente el ser humano los recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente, con el agua como recurso que une e integra sistémicamente la cuenca.

2.1.7 Manejo integral de cuencas hidrográficas

Conjunto de esfuerzos tendientes a identificar y aplicar opciones técnicas, socioeconómicas y legales, que establecen una solución a la problemática causada por el deterioro y mal uso de los recursos naturales renovables, así como el de las cuencas hidrográficas, para lograr un mejor desarrollo de la sociedad humana inserta en ella y de la calidad de vida de sus población (Campaña 2002).

Por su parte (Jiménez 2009), indica que el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémico, socioambiental, integral, multi e interdisciplinario, multi e intersectorial y del agua como recurso integrador de la cuenca.

2.1.8 El manejo de las cuencas y los desastres

Está ampliamente documentado que el manejo integrado de los recursos naturales con el enfoque de cuencas hidrográficas representa una vía idónea para su aprovechamiento sustentable y disminuir la vulnerabilidad ante los desastres naturales. La cantidad y calidad de los servicios que la cuenca proporciona se ven afectados por los desastres por eventos naturales, tales como inundaciones, huracanes, terremotos, sequías y erupciones volcánicas (Jiménez 2005).

Las consecuencias de la mala gestión de la tierra, las malas prácticas agrícolas, el pastoreo excesivo, la deforestación, la ubicación inadecuada de las urbanizaciones y la contaminación en las partes más altas de las cuencas, se manifiestan en la cuenca baja en situaciones extremas en la disponibilidad y calidad del suministro de agua, mayor vulnerabilidad de la población, reducción de la capacidad de generación eléctrica debido a

cursos de agua sedimentados y el daño a los ecosistemas costeros. Reiteradamente, también se ha demostrado la relación estrecha entre la pobreza, la degradación ambiental y la vulnerabilidad a los desastres, que traen como resultado aún mayor pobreza.

Para que las acciones de mitigación, prevención y reconstrucción por desastres redunden en la recuperación social y económica, es necesario utilizar las cuencas hidrográficas como unidad de planificación que guíe las decisiones de planificación, política e inversión. Las decisiones sobre los recursos que deben invertirse en el manejo de las partes media y alta de las cuencas hidrográficas han de tener en cuenta los servicios ambientales cruciales que se prestan a los beneficiarios en las cuencas bajas. El manejo correcto de las cuencas hidrográficas, que combina, según convenga, la conservación de áreas protegidas, reforestación, prácticas agrosilvopecuarias sostenibles, capacidad de gestión, institucionalidad, participación, etc. son vitales para la protección de las comunidades, la subsistencia, las tierras agrícolas y la infraestructura económica (carreteras, puertos, represas hidroeléctricas, sistemas de irrigación, infraestructura vial, redes hídricas, eléctricas y redes de comunicación).

Es de gran importancia tomar en consideración las cuencas hidrográficas en la planificación para la reconstrucción, mitigación de los efectos de los desastres y el desarrollo sostenible; es necesario examinar los principales obstáculos a la ejecución de dichas acciones e identificar acciones prioritarias para fomentar el manejo racional de las cuencas hidrográficas como elemento integrante de la prevención y mitigación de riesgos por desastres, así como en los planes de reconstrucción (Jiménez 2009).

2.1.9 La gestión del riesgo a desastres

La gestión del riesgo de desastre definida de forma genérica, se refiere a un proceso social complejo cuyo fin último es la reducción o la previsión y control permanente del riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial, sostenibles. Admite, en principio, distintos niveles de coordinación e intervención que van desde lo global, integral, lo sectorial y lo macro-territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar (PNUD 2009).

En gran parte de América Latina y el Caribe, las políticas sobre riesgos naturales se centran en establecer una respuesta eficaz ante los desastres. "Defensa civil", que refleja la tradición militar, es el nombre habitual que reciben las agencias que hacen frente a los riesgos naturales. Aun en cuanto a los preparativos y la planificación para los desastres, con frecuencia la región se ha apoyado en esa tradición. Sin embargo, la modernización de los sistemas exige una visión más integral de la gestión del riesgo de desastres que incluya el

énfasis sobre la prevención y mitigación y que se esfuere por involucrar a la ciudadanía y al sector comercial privado (BID 2008).

2.1.10 Mapas de riesgo

Los mapas en donde se localizan las distintas fuentes de amenaza existente en una región (inundación, volcanes activos, sismos, zonas propensas a deslizamiento) y que normalmente se denominan “mapas de riesgo”, realmente son mapas de amenaza. Un verdadero mapa de riesgo (gráfico del escenario de riesgo) debe contener tanto las amenazas como los bienes y las localidades expuestas.

Se pueden construir utilizando sistemas de información geográfica y datos procedentes de observaciones de tierra, así como también por medio de un mapeo participativo, el cual pasa por el reconocimiento de la población a los niveles de riesgos en la que viven y son ellos lo que lo elaboran. Puede ser un croquis o una maqueta donde se identifican y se ubican las zonas de la comunidad, las casa o las principales obras de infraestructura que podrían verse afectadas si ocurriera una inundación, deslizamientos, terremotos o una erupción volcánica. También se usan colores para señalar mejor las zonas de riesgo específico que tienen determinados lugares, por ejemplo, el rojo para zonas de mucho peligro, el amarillo para zonas en riesgo, el verde para zonas sin riesgo (EIRD 2009).

2.1.11 Sistema de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica¹ (SIG) pueden definirse como un sistema conformado por equipos y programas utilizados para almacenar, recuperar, analizar y representar datos geográficos (Velásquez 2009). Otras definiciones nos mencionan que ante todo es una tecnología desarrollada a raíz de la necesidad de disponer de forma rápida los datos cartográficos y alfanuméricos en el marco de la llamada sociedad de la información. Así, una primera característica es que permiten disponer, gestionar y analizar de forma ágil información espacial, es decir, datos referidos a un determinado ámbito territorial (Pastor 2008).

2.1.12 Evaluación del riesgo por medio de tecnología SIG

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen actualmente una herramienta poderosa para la recopilación, almacenamiento, actualización, análisis y visualización de la información concerniente a la evaluación y manejo de riesgos naturales, facilitando la toma de decisiones en caso de desastres naturales como la ocurrencia de un evento de inundación o deslizamiento.

En general la aplicación de SIG está pensada como una herramienta de gestión y decisión, por lo que su aporte al estudio de riesgo, al ordenamiento territorial y a la planificación de cuencas hidrográficas es necesario e importante, dado el enfoque espacial de los análisis (Saborío 2003).

2.2 Desastres por eventos naturales

Los desastres por eventos naturales han afectado siempre a muchos países de América Latina y el Caribe. Algunos eventos catastróficos: los efectos del El Niño en la región, el huracán Mitch en Centroamérica y deslizamientos e inundaciones, sólo refuerzan la necesidad de estar mejor preparados para confrontar estos fenómenos. El desarrollo económico y social de la región se verá obstaculizado si no se adoptan las medidas preventivas necesarias para mitigar los impactos de los desastres por eventos naturales y ellas no se establecen como practica permanente (BID 2004).

Cuando nos referimos a un desastre podemos señalar que es un acontecimiento que afecta a los asentamientos humanos, produciendo daños. Un desastre abarca los estados del daño y todas las consecuencias adversas debidas a múltiples alteraciones, incluso la ruptura del orden normal de las relaciones productivas, sociales y políticas en la sociedad (Gelman 1996).

El desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente (Maskrey 1993). Por su parte *Cohen y Ahearn* (1989) definen los desastres como "eventos extraordinarios que originan destrucción considerable de bienes materiales y pueden dar por resultado muertes, lesiones físicas y sufrimiento humano".

Los desastres por eventos naturales incluyen una serie de fenómenos tales como inundaciones, deslizamientos, sismos, remoción en masa, erosión del suelo y desertificación. Las inundaciones y deslizamientos son los fenómenos de mayor envergadura y afectan grandes zonas y poblaciones. Cerca del 90% de las muertes debidas a desastres por eventos naturales se producen en los países de desarrollo, en especial los países latinoamericanos (Hubp *et al.* 2005).

2.2.1 Fases de los desastres

Los desastres pueden dividirse cronológicamente en cinco fases: 1) preparación previa al desastre; 2) fase de predicción; 3) impacto; 4) emergencia; 5) recuperación. Esta organización cronológica mencionada es útil porque permite contar con un esquema

mediante el cual se pueden crear planes para cuando ocurra el desastre, asignar tareas y responsabilidades y establecer prioridades de las actividades, en una secuencia lógica (CRID 2007).

2.2.2 Clasificación de las amenazas

Las amenazas se han clasificado dependiendo del agente perturbador que lo origine (CENAPRED 2009).

Fenómenos geológicos: son en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de su superficie de laderas y suelos entre ellos tenemos: tsunamis, vulcanismo, terremotos y otros.

Hidrometeorológicos: como son los huracanes, ciclones, las inundaciones, granizadas, lluvia, nevadas, sequías.

2.3 Deslizamientos

Según Jiménez (2009) " Los deslizamientos se definen como el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo, debido a un aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en la ladera. A estas condiciones se deben sumar factores externos como la sismicidad, el vulcanismo y las lluvias. En un segundo plano se deben considerar la deforestación y las aguas subterráneas, entre otras".

2.3.1 Principales causas de los deslizamientos (CRID 2009)

Según el CRID (2009), entre los factores que pueden influir en causas de deslizamientos están:

Clima

El clima de acuerdo con las características que presenta puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua. Ello debido a la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo. Así mismo, las lluvias y la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial) favorecen los procesos de erosión.

Topografía

Los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendiente pronunciada y desprovista de vegetación.

Geología

Aporta un número de parámetros importantes para comprender la inestabilidad de las laderas.

Litología

Los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos entre los cuales tenemos (meteorización, intemperismo, etc.).

Estructuras

Determinan zonas de debilidad (fallas, diaclasas y plegamientos) y la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad (estratos).

Sismicidad

Las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar deslizamientos de diversa magnitud, afectando extensas áreas.

Vulcanismo

Es un elemento disparador de fenómenos de inestabilidad, tanto por la propia actividad volcánica (sismos volcánicos y deformación del aparato volcánico), como por la acumulación progresiva de materiales fragmentarios (cenizas, bloques, etc.) que por sus características físicas favorecen la inestabilidad de los terrenos en áreas aledañas al aparato volcánico.

Factores humanos

Todos los fenómenos descritos anteriormente forman parte del natural equilibrio geológico y que puede romperse con la actividad constructiva y destructiva del hombre. De esta manera, el ser humano contribuye a provocar o acelerar estos fenómenos, debido principalmente a la mala planificación y al mal manejo de los recursos naturales.

2.3.2 Tipos de deslizamientos

Los deslizamientos de tierra ocurren usualmente como efecto secundario de intensas tormentas, terremotos y erupciones volcánicas. Los materiales que componen los deslizamientos de tierra se dividen en dos clases, lecho de roca o suelo (tierra y materia de desecho orgánico). Se pueden clasificar en (Jiménez 2009) :

Rodados

Es una masa de roca u otro material que se desciende por medio de una caída o rebote en el aire. Estos son más comunes a lo largo de caminos empinados o terraplenes ferroviarios, acantilados empinados o arrecifes socavados escarpadamente, especialmente en las regiones costeras. Una sola roca grande causar grave daño.

Deslizamientos

Resultan de fallas de corte (restablecimiento) a lo largo de una o varias superficiales, el material deslizado puede quedar intacto o puede romperse.

Derrumbe

Un derrumbe se debe a las fuerzas derribadoras que causan la rotación de la roca fuera de su posición original. La parte rocosa puede haberse estacionado en un ángulo inestable, balanceándose en un punto de giro del cual se inclina o rueda hacia delante. Un derrumbe tal vez no contenga mucho movimiento y no necesariamente provoca una caída o desprendimiento de rocas.

Propagación lateral

Grandes bloques de tierra se propagan horizontalmente fracturándose de su base original. La propagación lateral generalmente ocurre en pendientes suaves, usualmente de menos de 6% y típicamente se propagan 3 a 5 metros, pero pueden moverse desde 30 a 50 metros donde las condiciones sean favorables. En el caso de propagación lateral usualmente hay rompimiento interno, formándose numerosas grietas y acantilados.

Aludes

Los aludes avanzan como un líquido viscoso, a veces muy rápido y pueden cubrir varios kilómetros. No es necesaria la presencia del agua para que se produzca el alud, sin embargo, la mayoría de los aludes se forman después de períodos de intensas lluvias. Un alud de lodo contiene por lo menos 50% de arena, sedimentos y partículas de arcilla.

2.3.3 Tratamiento y control de los deslizamientos

Para tratar y controlar la dinámica de los deslizamientos es necesario determinar: la geometría de los deslizamientos, su estructura geológica, comportamiento hidrogeológico, su grado de estabilidad y los factores que influyen en la desestabilización de laderas entre otros.

El conocimiento de estos aspectos nos permitirá establecer medidas correctivas, técnicas y económicamente adecuadas. Entre las principales medidas tenemos: tratamiento de la superficie del talud, estructura de sostenimiento, anclajes, reducción y control de la infiltración de las aguas en los terrenos escarpados propensos a deslizamientos, control de derrumbes y desprendimientos de rocas (Medina 1991).

Identificación de los deslizamientos

La formación de movimientos de ladera genera una serie de cambios en las características del terreno. Estas son áreas que han sido afectadas por la inestabilidad de laderas, o que pueden ser afectadas en un próximo futuro. En el cuadro 1 se presenta

algunos de los indicadores que nos pueden ser útiles para la identificación de zonas afectadas por la inestabilidad de laderas o propensas a ellas (MET-ALARN 2005).

Cuadro 1. Criterios para la identificación de deslizamientos

Tipología de indicadores por su naturaleza	Indicadores Antecedentes	Indicadores Potenciales
Geomorfológicos	Terreno en pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpes y/o contrapendientes, etc.	Terreno en pequeñas depresiones, relieve ondulado, apertura de grietas en el terreno.
Geológicos	Afloramiento de rocas alteradas en nichos de arranque, estructuras de formas irregulares, etc.	Planos de fracturación a favor de la pendiente, rocas alteradas, estructuras de formas irregulares, material poco consolidado o deleznable
Hidrogeológicos	Abundancia relativa de agua (zonas con mayor verdor), saturación de suelos, régimen cambiante de manantiales, aparición de pantanos en las cabecezas, en la parte media y al pie de los deslizamientos, desviación de ríos, etc.	Abundancia relativa de agua (zonas con mayor verdor), zonas de surgencia de agua. Suelos húmedos o mojados en tiempo continuo
Vegetales	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y/o inclinados, rotura de raíces y raíces tensas, discontinuidades repentinas en la cobertura vegetal, etc.	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, raíces tensas Árboles cumbados en la parte baja del tronco
Estructurales	Postes inclinados, cables tensos o flojos, casas o construcciones agrietadas o inclinadas, grietas u ondulaciones en los pavimentos, cercos desclazacos, etc.	
Toponimia	Nombres de lugares que pueden sugerir inestabilidad del terreno como Cerro de Agua, Cerro partido, etc.	Igual a Indicadores antecedentes
Históricos	Testimonios o documentos de eventos pasados.	

2.3.4 Método Vahrson-Mora

Esta metodología permite desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad al deslizamiento de la región estudiada y de los fenómenos que influyen mayormente esta condición (Mora *et al.* 1992). Es valiosa en la identificación de áreas críticas y útil en la orientación de prioridades en cuanto a la orientación de los recursos destinados hacia estudios de desastres.

2.3.4.1 Aplicabilidad de la metodología

Se aplicó esta metodología en el cantón de San José, en la Provincia de San José, Costa Rica, para zonificar amenazas por deslizamientos, dando como resultado que debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones con respecto a la planificación urbana, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, sin sustituir estudios geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de media a muy alta.

Salazar (2007) estimó la amenaza por deslizamiento de la zona próxima a la ciudad de Orosi, Costa Rica por medio de esta metodología y concluyó que podría tener varios usos: planificación hacia una gestión integral del territorio evaluado y en la gestión para la reducción del riesgo para la seguridad de la población. Este mismo autor indica que en El Salvador se utilizó en método para identificación de las zonas que presentan mayor susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, mientras que en Guatemala (Ordaz et al 2007) se aplicó dicha metodología para el mismo fin.

El resultado de esta investigación debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a las zonas más susceptibles a deslizamientos. Su utilización será útil para el ordenamiento del territorio y en las medidas de prevención y mitigación al riesgo a desastres.

2.3.5 Ejemplos de resultados de la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos

Deslizamientos

Un ejemplo claro de la importancia de los mapas de amenaza a deslizamiento ocurrió en el municipio de San Nicolás en Nicaragua, el cual se vio gravemente afectado por el paso del huracán Mitch, este fenómeno provocó una serie de deslizamientos de taludes el cual trajo consigo daños de infraestructura, viviendas, pérdidas económicas en el sector agrícola. Los habitantes del área indican que todos los años cuando ocurren precipitaciones intensas sufren el mismo problema (MET-ALARN 2005).

Ante esta situación se realizó una prueba piloto en este municipio la cual consistió en la aplicación de una metodología para la elaboración de los mapas a deslizamiento identificando las zonas con amenazas actual y potencial a deslizamiento, demostrando entre los resultados más de 150 zonas inestables. Esta información generada sirvió de insumo para la gestión adecuada del territorio, identificando las áreas más susceptibles y sirviendo como base para la mitigación de los deslizamientos (MET-ALARN 2005).

En Honduras se llevó a cabo un estudio para evaluar la vulnerabilidad y determinar áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua, Honduras. La metodología incluyó el uso de sistemas de información geográfica y variables biofísicas, socioeconómicas y ambientales. Dando como resultado la toma de acciones de gestión del riesgo para establecer prioridades de acción y asignación de recursos económicos y humanos (Reyes 2003).

En Guatemala, los daños ocasionados por los deslizamientos de tierra son innumerables y, sin embargo son pocos los esfuerzos que se han hecho a nivel nacional para estudiarlos. Para estudiar sistemáticamente la ocurrencia de deslizamiento se utilizaron los sistemas de

información Geográfica. El estudio partió de un registro histórico proporcionado por INSIVUMEH. Utilizando software de SIG, se generó un mapa digital de deslizamientos con el que posteriormente se estudió la relación de los deslizamientos con otras variables como pendiente del terreno, cobertura vegetal, proximidad a ríos, época del año, etc. (Conlledo 2006).

Entre los principales resultados, se encontró que la amenaza de que ocurra un deslizamiento no está directamente correlacionada con la pendiente del terreno, sino que el tipo y origen del suelo juega un papel de mayor peso. Se encontró que casi el 50% de los deslizamientos ocurrieron en los meses de septiembre y octubre y que la proximidad a ríos puede ser utilizado como un indicador de amenaza. Finalmente se generó un mapa de amenaza a deslizamientos, utilizando los resultados de análisis SIG (Conlledo 2006).

En Guatemala, en la subcuenca del río Polochic, Buch (2001) realizó una evaluación del riesgo a deslizamiento, teniendo como resultado la identificación y selección de las comunidades con mayores niveles de vulnerabilidad y riesgo a desastres. Para tal fin utilizó indicadores de vulnerabilidad y amenazas, los cuales se integraron adaptando el programa ALES (Automated Lan Evaluation Sytem).

En Loja, Ecuador, se realizó un estudio el cual consistió en realizar un inventario de deslizamientos mediante fotointerpretación de fotografías aéreas a escala 1:10000, mapeo de campo y caracterización individual de los deslizamientos localizados, con información a detalle de estos. Para el mapeo de deslizamientos en campo se utilizó el formulario de deslizamientos propuesto por el Proyecto Multinacional Andino – Geociencias para las Comunidades Andinas (PMAGCA), el cual fue modificado para el área de estudio, donde se identificaron 54 deslizamientos en la formación San Cayetano (Toledo 2008).

De los deslizamientos inventariados se realizó la clasificación de los acuerdo al tipo, para posteriormente obtener el mapa a escala 1:5000 (Arc – Gis), sobre el cual se indica cada tipo de deslizamiento y con una flecha se identifica la dirección del movimiento. La elaboración del inventario y mapa de deslizamientos en la Formación San Cayetano, a escala 1:5000, sirve como base para la elaboración de un futuro análisis de susceptibilidad (Toledo 2008).

Salazar (2007) estimó la amenaza por deslizamiento en el valle de Orosí, Costa Rica por medio del método Mora-Vahrson, del cual concluyó que este podría tener varios usos: (1) planificación hacia una gestión integral del territorio evaluado (que puede sugerir un mejor uso del suelo); (2) gestión para la reducción del riesgo para la seguridad de la población (lo que permite una urbanización segura con rutas de evacuación igualmente seguras y eficaces); (3) gestión para la reducción del riesgo de obras ya construidas, como por ejemplo, líneas de transmisión de alta tensión, carreteras, sistema de agua potable.

Los resultados de estas investigaciones debe ser utilizados como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación urbana, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, sin sustituir estudios geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de media a muy alta (Mora, 2004).

Salgado (2004) evaluó la amenaza a deslizamiento en la microcuenca del río gila, Copán Honduras, donde determinó las áreas críticas a deslizamientos las cuales 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 son las que presentan 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 encuentran bajo riesgo medio. La densidad poblacional de esta comunidad es de 145,5 hab/ km².

2.4 Inundaciones

A nivel mundial se estima un promedio anual aproximado de 196 millones de personas en más de 90 países se encuentran expuestas a inundaciones catastróficas. Se estima que en el período comprendido entre 1980 y 2000, unas 170.010 personas murieron en inundaciones. Con base en estudio geoespacial, realizado para calcular la exposición humana al riesgo de las inundaciones, se estimó que en 147 países había poblaciones potencialmente amenazadas por las inundaciones (PNUD 2004).

Existen dos tipos de inundaciones: (1) inundaciones terrestres o inundaciones de ríos, a causa de una excesiva descarga debido a fuertes lluvias (2) e inundaciones costeras causadas por el aumento en el nivel del mar (tsunamis, marejadas), frecuentemente exacerbado por la descarga de tormentas en la parte alta de las cuencas respectivas (OEA/DDRMA 1993). Por su parte Jiménez (2009), señala tres clasificaciones (1) inundaciones repentinas, (2) inundaciones fluviales e (3) inundaciones costeras.

2.4.1 Factores que influyen en la incidencia de inundaciones

Amenaza naturales

Entre los fenómenos naturales causales de las inundaciones están: (1) lluvia estacional, (2) lluvia de alta intensidad, (3) presencia de un fenómeno atmosférico, (4) marejadas, (5) ruptura de presas, (6) cabezas de agua, (7) avalanchas (Jiménez 2009).

Factores humanos

Dentro de esta categoría están: (1) Ocupación de planicie de inundaciones o riberas de ríos y quebradas; (2) alteración de las cuencas o microcuencas hidrográficas, (3) diseño

urbano sin o con mala planificación; (4) explotación o extracción de materiales de ríos y quebradas; (5) falta de mantenimiento de los cauces de ríos y quebradas; (6) contaminación de los cauces con desechos sólidos y líquidos; (7) manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas (Jiménez 2009).

2.4.2 Medidas de tratamiento y control de inundaciones

Para establecer las medidas adecuadas en el control de las inundaciones es necesario conocer las causas que originan el problema, en este caso es necesario examinar la cuenca hidrográfica y determinar su comportamiento hidrológico, sus variaciones de caudales: máximo y mínimo. Las características de los cursos fluviales y de los terrenos ribereños determinan las medidas técnicas y procedimiento más adecuado para controlar estos fenómenos y condicionan el tiempo de vida útil de las obras. Entre las principales prácticas figuran: barreras vivas, diques enmallados, terraplenes, embalses, canalización entre otros (Medina 1991).

2.4.3 Programa "FloodArea" para el cálculo de las zonas inundadas

"FloodArea" es un programa de simulación creado por Geomer, (März 2006) para el cálculo de las zonas inundadas, que permite generar información para la determinación del potencial de riesgo. Además ofrece la posibilidad de simular la dinámica temporal de la inundación y produce también información importante para los planes de Gestión de desastres.

El objetivo principal de "FloodArea" es la delimitación de áreas inundables.

Los cálculos se basan en:

- § Una red de drenaje con los niveles de agua se le asignen. Aunque en el agua los niveles pueden variar espacialmente (por ejemplo, a lo largo de un tramo de río), los mismos se mantienen constantes durante el proceso de simulación.
- § Uno o más hidrogramas definibles por el usuario en coordenadas
- § Una simulación de lluvia sobre un área más amplia, especificado por una cuadrícula ponderada.

Las características principales del programa son:

- § Cálculo hidrodinámico de áreas y profundidades de inundación
- § Considera obstáculos en el cauce
- § Simulación de fallo de diques

- § Permite probar el modelo empleando distintos niveles de agua y hietogramas variables
- § Simulación de eventos de lluvia
- § Resultados de la simulación en formato de animaciones (*.avi)
- § Se integran como extensiones dentro de ArcGIS 9.x / ArcView 3.x

2.4.4 Ejemplos y resultados de la identificación de zonas susceptibles a inundación

Inundaciones

La ciudad de Turrialba, en Costa Rica, presenta frecuentemente problemas de inundación repentinas de los pequeños ríos que bajan de la montaña (río Colorado, pequeñas quebradas) el sector más afectado es el centro de la ciudad. Se realizó un estudio para evaluar la amenaza a inundación y sus causas con base a las características geomorfológicas, climatológicas y urbanas del área. El procedimiento incluyó de cuatro etapas: trabajo de campo, revisión de bibliografía, interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, la evaluación de la amenaza y causa de la inundación incluyendo los mapas de amenaza por inundación del área de estudio, aplicando la metodología SIG (Sistema de Información Geográfica). Este estudio sirvió como base para identificar las áreas más susceptibles a inundación y para establecer que la ciudad de Turrialba se ubica dentro de áreas con una amenaza a inundación de alta a media (Badilla *et al.* 2003).

En Nicaragua, en el Municipio la Trinidad, se realizó un estudio similar que sirvió como base para orientar las principales acciones a tomar con respecto a la gestión de riesgo a desastres, con el fin de reducir los riesgos a inundación en el municipio, así como para integrar a los planes de desarrollo municipal, un plan de prevención y mitigación. Se hizo énfasis en un ordenamiento territorial bien planificado y en coordinar las acciones de prevención, mitigación y atención de desastres con las autoridades municipales, instituciones del Estado, organizaciones no gubernamentales, empresas privadas y población en general (CRID 2007).

La localidad de Atenquique, en México, que se encuentra en la desembocadura de la cuenca Atenquique, fue afectada por un potente flujo de detritos originado por la consecución de procesos naturales, que causó la muerte de al menos 11 personas y pérdidas en infraestructura e insumos de la fábrica papelera, se realizó un análisis de riesgo (Díaz 2006).

La importancia del análisis de las variables del riesgo en la localidad radica en la detección de los fenómenos naturales que representan una amenaza para la localidad, así como la delimitación de las zonas susceptibles a ser afectadas. El método utilizado fue la interpretación y análisis del relieve de la cuenca mediante el análisis de ortofotos, la determinación y limitación espacial de la morfología del relieve, la aplicación de parámetros

morfométricos, recorridos de campo, la generación de un modelo digital de elevación y modelos reclasificados de pendientes del terreno. Además se realizó la caracterización de los tipos de climas, unidades litológicas, geomorfología, unidades edafológicas, unidades vegetales y uso del suelo. Este método permitió identificar las zonas susceptibles a ser erosionadas por los efectos de la, precipitación, escorrentía y la acción de los movimientos gravitatorios (Díaz 2006).

En la ciudad de Goya, en Argentina, se realizó un estudio para determinar las áreas susceptibles a inundaciones, utilizando técnicas de percepción remota y de los sistemas de información geográfica, El producto final de este del trabajo consistió en el elaboración de un mapa temático con cinco categorías de susceptibilidad ante inundaciones por exceso de lluvias locales, coloreadas según su calificación en una escala que va del verde al rojo (Soldano 2007).

En un estudio sobre evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad en Valle de Ángeles, Honduras, se determinó mediante modelo hidráulico y Sistemas de Información Geográfica (SIG), áreas susceptibles a inundaciones. Así mismo, para evaluar la vulnerabilidad Rivera (2002) recomendó estrategias participativas para su reducción. En tanto, para conocer la problemática de las comunidades se realizaron talleres participativos, logrando así la identificación de sitios críticos.

En Honduras, Copán en la microcuenca del río Gila, se realizó un estudio integral del riesgo a deslizamiento e inundaciones, en el cual se determinó la vulnerabilidad, tanto de deslizamientos como de inundaciones. Para la definición de áreas críticas se utilizó la modelación hidrológica e hidráulica, utilizando los programas HECHMS y HEC-RAS. De igual forma, se utilizó la identificación participativa de las amenazas a través del mapeo comunitario. Todo este proceso dio como resultado que existe una alta vulnerabilidad, tanto a inundaciones como a deslizamientos (inundaciones 64,6% y deslizamientos 68,6%). Entre las recomendaciones realizadas por (Salgado 2004), es la implementación de un programa de prevención de desastres y gestión del riesgo y cambios estructurales como el fortalecimiento institucional en la gestión del riesgo, ordenamiento del territorio y manejo de cuencas hidrográficas.

En Costa Rica en el año 2007, el Instituto Costarricense de Electricidad, realizó un estudio de inundaciones en la cuenca del río Pirris – Parrita, donde se utilizó el programa "Floodarea" para evaluar las áreas susceptibles a inundaciones.

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

La parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo cubre una extensión de 131.5 km², y se localizada en la Provincia de Chiriquí, República de Panamá, entre los 8°40'00" y 8°55'00" de latitud norte y entre los 82°31'00" y 82°55'00" de longitud oeste y comprende los corregimientos de Volcán y Cerro Punta , específicamente las comunidades de Paso Ancho, Bambito, Nuevo Bambito, Nueva Suiza, Cerro Punta centro, Guadalupe, Entre Ríos, Las Nubes (Figura 1).

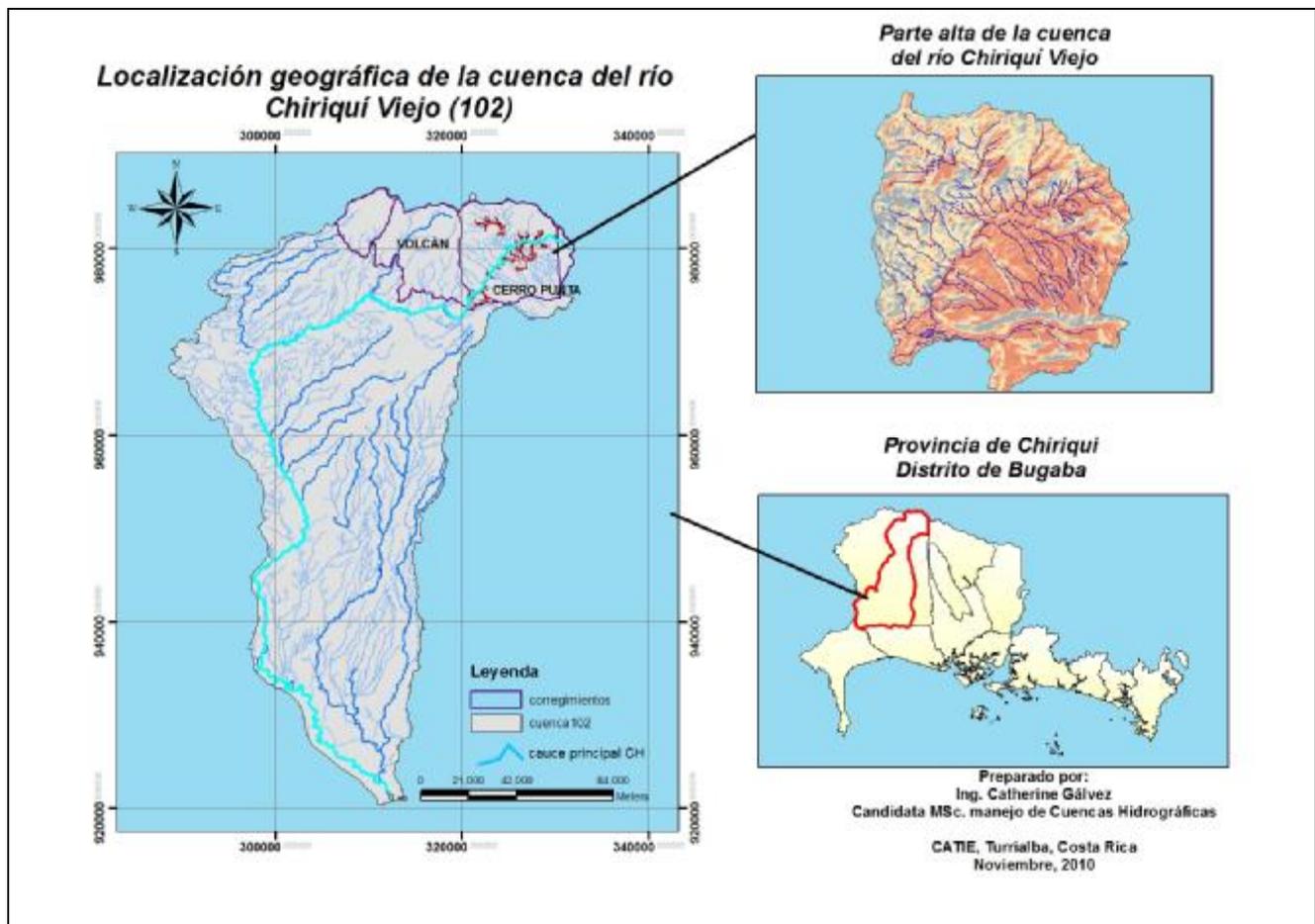


Figura 1. Localización geográfica de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, Panamá.

3.1.2 Características biofísicas

3.1.2.1 Clima

Las precipitaciones promedio anuales van desde los 2500 mm/año a los 5000 mm/año, con picos de hasta 7000 mm/año (ETESA 2008). La estación lluviosa se extiende desde mayo a diciembre y la estación seca va de enero hasta abril. El clima en el área de estudio se caracteriza por ser húmedo y muy húmedo, con temperatura que varían, en promedio de 18 °C a 21 °C.

3.1.2.2 Geología

La parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo se caracteriza por vulcanitas silicificadas del Terciario, del volcán Colorado. Se puede apreciar materiales de caída como cenizas, bombas y arenas volcánicas. Las bombas y "boulders" se presentan en bloques de diversos tamaños que varían en función de sus distancias al volcán (IGNTG 1985).

3.1.2.3 Suelos

En el área de estudio los suelos están compuestos de un horizonte epipedón úmbrico profundo, con alto contenido de materia orgánica, alta capacidad de infiltración, densidad aparente muy baja y textura franco arenosa. Están cubiertos por una capa de cenizas volcánicas, en este caso como producto de la actividad del volcán Barú (Balbuena 1989). Se encuentran suelos de los órdenes entisoles e inceptisoles.

3.1.2.4 Cobertura vegetal y uso del suelo

En esta parte alta de la cuenca existen áreas dedicadas a actividades ganadera y principalmente agrícola (hortalizas, legumbres, café y frutales), la cual se da en los taludes de los cerros. Así mismo, existe bosque natural primario, bosques intervenidos, bosques secundarios maduros y bosques ribereños (ANAM 2008).

3.1.2.5 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación de Holdridge, las seis zonas de vida presentes en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo son: bosque muy húmedo tropical, bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial montano bajo, bosque muy húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano y bosque pluvial montano.

3.1.3 Características socioeconómicas

En la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo la población se estima en 6250 habitantes (CENSO 2000). Según datos de la Contraloría General de la República de Panamá (INEC 2008), de los 131,5 km² que conforman la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, el 90% de la misma están siendo utilizados en actividades agropecuarias o sufriendo algún tipo de intervención humana. El resto del territorio está constituido por tierras en descanso o barbecho, bosques aislados y montes bajos. Cabe señalar que en el área de estudio se encuentran dos zonas de protección: el Parque Nacional Volcán Barú y el Parque Internacional la Amistad.

La actividad agrícola en la cuenca alta está constituida principalmente por cultivos temporales y por cultivos permanentes. La producción de cultivos temporales y permanentes del área en estudio es absorbida, en su mayor parte el mercado nacional y algunos productos son exportados, entre ellos fresas, flores y hortícolas.

La actividad pecuaria en la cuenca alta está constituida por amplias zonas dedicadas principalmente a la producción de ganado de leche y de carne y estos productos son destinados en su totalidad al mercado nacional. Existe una pequeña área dedicada a la producción de trucha, principalmente para la exportación (INEC 2008).

Sector servicio:

En el área de estudio existen los servicios públicos básicos, tales como la electricidad, agua, transporte, comunicación, educación, salud, entidades financieras y gubernamentales. Un sector importante es el turístico, ya que es una de las principales fuentes de ingresos para la población del área en estudio.

Aspectos institucionales

Debido a la importancia socioeconómica del área de estudio y por sus características propias, existen un gran número de instituciones públicas, cooperativas públicas y privadas, que desarrollan servicios de educación, salud, financieros, de manejo y protección de los recursos naturales, turismo, del sector agropecuario, entre otros.

3.2 Procedimientos metodológicos

Debido a que la mayoría de los desastres son siconaturales, la gestión de riesgo se priorizó y enfocó en aquellas áreas o zonas donde interactúan más fuertemente las comunidades, las instituciones, las organizaciones y los tomadores de decisiones con las amenazas; además, es donde se debe priorizar la reducción de la vulnerabilidad y riesgo de desastres. El desarrollo de la investigación se concentró en dos corregimientos y ocho comunidades; en el corregimiento de Volcán, la comunidad de Bambito y Paso Ancho y en el corregimiento de Cerro Punta las comunidades de Guadalupe-EntreRíos, Cerro Punta

Centro, Las Nubes, Nueva Suiza, Nuevo Bambito. Estos corregimientos pertenecen al Distrito de Bugaba. La investigación se organizó en siete etapas como se muestra en la figura 2.

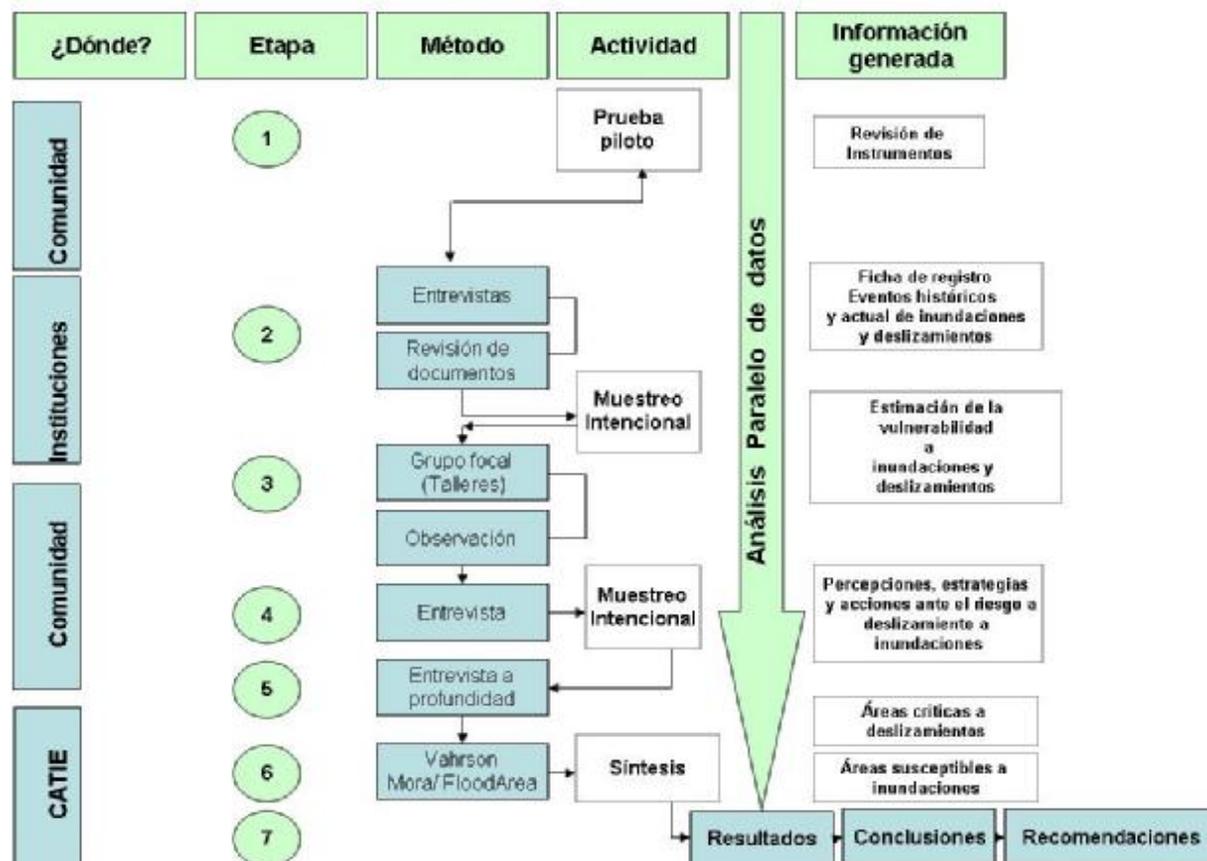


Figura 2. Esquema metodológico utilizado en la investigación

3.3 Metodología para caracterizar los eventos activos e históricos de deslizamientos e inundaciones (Objetivo 1)

La razón principal por la que se caracterizó los eventos de deslizamientos históricos y activos y los eventos históricos de inundaciones fue la ausencia de información completa respecto a las características geofísicas, antrópicas y meteorológicas que los han ocasionado. Para solventar estas deficiencias se creó un inventario completo de todos los eventos de esta naturaleza que han ocurrido en los últimos 50 años.

Como primera actividad se realizó un taller de presentación de la investigación con actores claves de las diferentes comunidades, lo que permitió un primer acercamiento. Este primer acercamiento también sirvió para iniciar una fase de recolección de información de las diferentes comunidades, seleccionar los participantes para los talleres que se desarrollaron posteriormente y para realizar una prueba piloto para probar los instrumentos de trabajo

(guía de entrevistas, ver anexo 1), los procedimientos de registro de información y el análisis de datos. Esto permitió identificar los vacíos de información en los formatos de registro de eventos. Se contó con elementos que fueron agregados, tanto a formatos de registro de eventos, como a las guías de entrevista. Al finalizar la prueba piloto se realizaron los ajustes necesarios para adecuar los instrumentos y metodologías de aplicación.

La segunda actividad consistió en la fase de recolección de información secundaria; se realizaron un promedio de cinco entrevistas a actores claves por comunidad, de igual forma se procedió a la revisión documental en instituciones relevantes (SINAPROC, ANAM, AMISCONDE). La información recopilada permitió identificar algunos eventos históricos de inundaciones y deslizamientos (los llamados eventos reportados).

Como última actividad se realizó un recorrido de campo que consistió en la realización de una serie de observaciones en toda la zona de estudio, lo que permitió georeferenciar cada uno de los deslizamientos o de las inundaciones ocurridas en el pasado (eventos no reportados). Este recorrido se hizo en compañía de moradores de las comunidades, los cuales señalaban, según su conocimiento, donde han ocurrido los deslizamientos e inundaciones. Esta información se utilizó para ubicar los puntos de deslizamientos e inundaciones históricas, como se muestra en los resultados de este objetivo. De igual forma se utilizó la base de datos DESINVENTAR, la cual contiene los eventos reportados de inundaciones, deslizamientos y otros desastres de origen natural.

3.4 Metodología para evaluar la vulnerabilidad global (Objetivo 2)

La vulnerabilidad global está interpretada por diferentes vulnerabilidades (Wilches-Chaux, 1989): física, social, política, ideológica, educativa, cultural, económica, ecológica y técnica.

La evaluación de la vulnerabilidad en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo consistió en la identificación de los elementos que pudieran estar en riesgo ante las amenazas presentes de inundación y deslizamiento en el área de estudio. Para la misma se elaboró un formulario con indicadores que se consideraron útiles para cada una de las vulnerabilidades evaluadas y para cada amenaza (inundación y deslizamientos).

La recolección de la información se realizó en las comunidades, a través de un taller participativo con representantes claves de cada uno de los comités de emergencia que poseen conocimientos del tema y que representan a las ocho comunidades que forman parte del área de estudio. También participaron miembros de instituciones y ONG. La lista de participantes en cada taller está en el anexo 2.

3.4.1 Indicadores de vulnerabilidad

La metodología empleada en este estudio ha sido utilizada en otros estudios como por ejemplo: Cáceres (2001), Buch (2001), Reyes (2003), Parra (2004) y Salgado (2005), la cual señala que para cada tipo de vulnerabilidad se identificaron indicadores para analizar las diferentes vulnerabilidades presentes.

Estos indicadores se seleccionaron para cada tipo de amenaza (inundación y deslizamientos) y su análisis se elaboró por separado. Todas las variables fueron medidas usando las comunidades como unidad primaria del análisis.

Cabe señalar que un indicador es una expresión sintética y específica, que señala una condición característica o valor determinado en el tiempo de una variable del sistema: puede ser cualitativo o cuantitativo y debe ser medible y verificable.

Los cuadros 2 y 3 muestran las variables e indicadores para cada amenaza y tipo de vulnerabilidad.

Cuadro 2. Variables e indicadores para cada tipo de vulnerabilidad ante la amenaza a deslizamientos.

TIPO DE VULNERABILIDAD	VARIABLES RESPUESTAS	INDICADOR
FISICA	Asentamientos humanos en ladera	Número. De edificaciones
	Tipo de material de construcción de estructuras	Número de estructuras por tipo de construcción
	Condición de la vivienda ubicadas en zonas de deslizamientos	Número de viviendas en mal estado
	Infraestructura destinadas y acondicionadas para emergencias	Número de Infraestructuras existentes
	Distancia a zona de deslizamientos	Número de viviendas, centros educativos, albergues, centros de trabajo ubicadas a menos de 300 mt, de un deslizamiento.
	Accesibilidad a la comunidad	Número de meses con accesibilidad durante el año
SOCIAL	Organización comunal e institucional	Número de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio.
	Planes familiares de emergencia a deslizamientos	El % de las familias, que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia
	Planes grupales de emergencia a deslizamientos	El % de centros de trabajo, comercios, etc. que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia
ECOLOGICA	Degradación de la superficie	El grado de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.
ECONÓMICA	Situación económica de las familias que viven en zonas de riesgo de deslizamientos	Ingreso per cápita de las familias que viven en zonas de riesgo a deslizamientos
	Presupuesto asignado por el municipio y el Estado a la prevención del riesgo a deslizamientos	Monto anual destinado a obras y actividades de prevención de deslizamientos por parte del Municipio y el Estado
POLÍTICA	Aplicación de normativa que reduce riesgo de deslizamientos	El grado de cumplimiento de normativa ambiental que reduce el riesgo a deslizamientos
	Relevancia para los decisores de la problemática de deslizamientos	El grado de relevancia para los tomadores decisiones del problema de deslizamientos.
IDEOLÓGICA	Percepción fatalista a deslizamientos	El % de la población que considera que los deslizamientos ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente tienen que ocurrir
EDUCATIVA	Capacitación en gestión del riesgo a deslizamientos	El % de la población que vive en zona de riesgo a deslizamientos que ha recibido capacitación en ese tema
	Frecuencia de capacitación en deslizamientos	Número de eventos anuales de capacitación sobre deslizamientos.
TÉCNICA	Tecnología de construcción en zonas de riesgo a deslizamientos	El % de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción
	Técnicas y prácticas de uso de la tierra relacionadas con deslizamientos	Grado de uso de prácticas de uso de la tierra que favorecen los deslizamientos
CULTURAL	Integración intercomunal para prevención de deslizamientos	El % de la población dispuesta a trabaja en equipo
	Percepción del riesgo a deslizamientos por la comunidad	El % de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a deslizamientos

Cuadro 3. Variable e indicadores para cada tipo de vulnerabilidad ante la amenaza a inundaciones

TIPO DE VULNERABILIDAD	VARIABLES RESPUESTAS	INDICADOR
FISICA	Asentamientos humanos en zonas de de inundación	Número. de edificaciones
	Tipo de material de construcción de estructuras (puentes, diques)	Número de estructuras por tipo de construcción
	Capacidad hidráulica de los puentes	Número de puentes con capacidad hidráulica para avenidas máximas
	Condición de la vivienda ubicadas en las riberas o zonas de inundaciones	Número de viviendas en mal estado
	Infraestructura destinadas y acondicionadas para emergencias	Número de Infraestructuras existentes
	Distancia de río o quebrada	Número de viviendas ubicadas entre 0 y 160 mts de un río o quebrada más cercana.
	Accesibilidad a la comunidad	Número de meses con accesibilidad durante el año
SOCIAL	Organización comunal e institucional	Número de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio.
	Planes familiares de emergencia a inundaciones	El % de las familias, que viven en zonas de riesgo a inundaciones que tienen un plan de emergencia
	Planes grupales de emergencia a inundaciones	El % centros de trabajo, comercios, etc. que viven en zonas de riesgo a inundaciones que tienen un plan de emergencia
ECOLOGICA	Degradación de la superficie	El grado de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.
	Franjas ribereñas	El % longitudinal de franja ribereña de al menos de 5mts de ancho, a ambos lados del cauce del río eliminada.
ECONÓMICA	Situación económica de las familias que viven en zonas de riesgo de inundaciones	Ingreso per cápita de las familias que viven en zonas de riesgo a inundaciones.
	Presupuesto asignado por el municipio y el Estado a la prevención del riesgo de inundaciones.	Monto anual destinado a obras y actividades de prevención de inundaciones por parte del Municipio y el Estado.
POLÍTICA	Aplicación de normativa que reduce riesgo de inundaciones.	El grado de cumplimiento de normativa ambiental que reduce riesgo a inundaciones.
	Relevancia para los decisores de la problemática de inundaciones.	El grado de relevancia para los tomadores decisiones del problema de inundaciones.
IDEOLÓGICA	Percepción fatalista a inundaciones	El % de la población que considera que las inundaciones ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente tienen que ocurrir
EDUCATIVA	Capacitación en gestión del riesgo a inundaciones.	El % de la población que vive en zona de riesgo a inundaciones que ha recibido capacitación en ese tema
	Frecuencia de capacitación en inundaciones	Número de eventos anuales de capacitación sobre inundaciones.
TÉCNICA	Tecnología de construcción en zonas de riesgo a inundaciones.	El % de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción
	Técnicas y prácticas de uso de la tierra relacionadas con inundaciones	El grado de uso de prácticas de uso de la tierra que favorecen las inundaciones.
CULTURAL	Integración intercomunal para prevención de inundaciones	El % de la población dispuesta a trabaja en equipo
	Percepción del riesgo a inundaciones por la comunidad	El % de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a inundaciones

3.4.2 Caracterización y valoración de la vulnerabilidad

El grado de vulnerabilidad asociado a cada variable e indicador puede variar. La metodología empleada en este estudio establece nueve tipos de vulnerabilidad a cada uno de los cuales se le asigna una valoración numérica (cuadro 4), que se aplica a cada indicador que se evalúa. Cabe resaltar que entre menor sea la valoración asignada, menor es el grado de vulnerabilidad en el área de estudio para ese indicador.

La vulnerabilidad resultante, es expresada en forma porcentual, la cual es categorizada utilizando la escala de valoración que se presenta en el cuadro 5. El porcentaje de vulnerabilidad se calcula dividiendo el valor promedio obtenido para un tipo de ella o en cada comunidad entre la valoración máxima y multiplicando el resultado de esa división por 100.

Cuadro 4. Caracterización y valoración de los indicadores de vulnerabilidad.

Caracterización de la vulnerabilidad	Valoración de la vulnerabilidad
Muy alta	4
Alta	3
Media	2
Baja	1
Muy baja	0

Cuadro 5. Escala de valoración de la vulnerabilidad

Porcentaje de vulnerabilidad	Caracterización de la Vulnerabilidad
80,0- 100	Muy alta
60,0 -79,9	Alta
40,0– 59,9	Media
20, 0 –39,9	Baja
0,0 –19,9	Muy Baja

La información para evaluar la vulnerabilidad se obtuvo a través de:

- Recopilación de información secundaria: tesis, artículos en revistas, periódicos, censos, libros, mapas, etc.
- Recopilación de información primaria: visitas y recorridos de campo, observación directa, talleres con la población, encuestas y entrevistas con actores locales, informantes claves, líderes comunales, consultas a expertos, funcionarios de instituciones, entre otros.

A continuación se muestran los indicadores utilizados para cada una de las variables dentro de cada tipo de vulnerabilidad y cada amenaza, detalladas en los cuadros 2 y 3. Además, se muestra la respectiva calificación para cada estado en el cual se presenta el indicador respectivo.

Inundaciones

Vulnerabilidad Física

Cuadro 6. Valoración del indicador número de edificaciones.

No. de edificaciones	Vulnerabilidad	Calificación
0-2	Muy Baja	0
3-4	Baja	1
5-6	Media	2
7-8	Alta	3
Mayor a 8	Muy Alta	4

Cuadro 7. Valoración del indicador número de estructuras por tipo de construcción.

No. de estructuras por tipo de construcción	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor a 80% son de hierro y hormigón	Muy Baja	0
Entre 79% - 60% hormigón	Baja	1
Entre 59% - 40% acero laminado	Media	2
Entre 39% - 20% maderas	Alta	3
Menor a 20% de maderas o mixtos (latón)	Muy Alta	4

Cuadro 8. Valoración del indicador número de puentes con capacidad hidráulica para avenidas máximas.

No. de puentes con capacidad hidráulica para avenidas máximas	Vulnerabilidad	Calificación
Todos los puentes con capacidad hidráulica	Muy Baja	0
Un puente con capacidad hidráulica limitada	Baja	1
Un puente con capacidad hidráulica muy limitada	Media	2
Dos puentes con capacidad hidráulica muy limitada	Alta	3
Dos o más puentes con capacidad hidráulica limitada o más de 2 con capacidad limitada	Muy Alta	4

Cuadro 9. Valoración del indicador número de viviendas en mal estado.

No. de viviendas en mal estado	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy Baja	0
1	Baja	1
2	Media	2
3	Alta	3
Más de 3	Muy Alta	4

Cuadro 10. Valoración del indicador número de infraestructuras existentes para emergencias.

No. de infraestructuras existentes	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor a 8	Muy Baja	0
8-7	Baja	1
6-5	Media	2
4-3	Alta	3
2-0	Muy Alta	4

Cuadro 11. Valoración del indicador número de viviendas ubicadas entre 0 y 160 m de un río o quebrada más cercana.

No. de viviendas ubicadas entre 0 y 160 m de un río o quebrada más cercana	Vulnerabilidad	Calificación
0-2	Muy Baja	0
3-4	Baja	1
5-6	Media	2
7-8	Alta	3
Mayor a 8	Muy Alta	4

Cuadro 12. Valoración del indicador número de meses con accesibilidad durante el año.

No. de meses con accesibilidad durante el año	Vulnerabilidad	Calificación
Fácil acceso todo el año	Muy Baja	0
Un mes con acceso limitado	Baja	1
Acceso limitado en época de lluvia	Media	2
Acceso muy limitado todo el año	Alta	3
Difícil todo el año	Muy Alta	4

Vulnerabilidad social

Cuadro 13. Valoración del indicador número de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio.

No. de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy Alta	4
4 o más	Muy Baja	0
3	Baja	1
2	Media	2
1	Alta	3

Cuadro 14. Valoración del indicador porcentaje de las familias que viven en zonas de inundaciones que tienen un plan de emergencia.

% de las familias que viven en zonas de inundaciones que tienen un plan de emergencia	Vulnerabilidad	Calificación
100-90	Muy Baja	0
80-89	Baja	1
70-79	Media	2
60-69	Alta	3
Menor de 60	Muy Alta	4

Cuadro 15. Valoración del indicador porcentaje de centros de trabajo, comercios, etc. que viven en zonas de inundaciones que tienen un plan de emergencia.

% de centros de trabajo, comercios, etc que viven en zonas de inundaciones que tienen un plan de emergencia.	Vulnerabilidad	Calificación
100-90	Muy Baja	0
80-89	Baja	1
70-79	Media	2
60-69	Alta	3
Menor de 60	Muy Alta	4

Vulnerabilidad ecológica

Cuadro 16. Valoración del indicador porcentaje de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.

% de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.	Vulnerabilidad	Calificación
0-5.99	Muy Baja	0
6-11.99	Baja	1
12-17.99	Media	2
18-23.99	Alta	3
Mayor a 24	Muy Alta	4

Cuadro 17. Valoración del indicador porcentaje longitudinal de franja ribereña de al menos 5 m de ancho, a ambos lados del cauce del río eliminada.

% longitudinal de franja ribereña de al menos 5 m de ancho, a ambos lados del cauce del río eliminada.	Vulnerabilidad	Calificación
Menor a 5	Muy Baja	0
5 - 9,9	Baja	1
10 -14,9	Media	2
15 -19,9	Alta	3
Mayor 20	Muy Alta	4

Vulnerabilidad económica

Cuadro 18. Valoración del indicador ingreso per cápita de las familias que viven en zonas de riesgo a inundaciones.

Ingreso per cápita de las familias que viven en zonas de riesgo a inundaciones	Vulnerabilidad	Calificación
> 2000	Muy Baja	0
1999 - 1000	Baja	1
999 - 500	Media	2
499 - 200	Alta	3
<199	Muy Alta	4

Cuadro 19. Valoración del indicador monto anual destinado a obras y actividades de prevención de inundaciones y deslizamientos por parte del Municipio y el Estado.

Monto anual destinado a obras y actividades de prevención de inundaciones y deslizamientos por parte del Municipio y el Estado.	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor de 200 000	Muy Baja	0
199 000 – 150 000	Baja	1
149 000 – 100 000	Media	2
99 000 – 50 000	Alta	3
Menor a 50 000	Muy Alta	4

Vulnerabilidad política

Cuadro 20. Valoración del indicador grado (%) de relevancia para los tomadores de decisiones del problema de inundaciones.

Poco relevante	Alta	3
Muy poca o ninguna relevancia	Muy Alta	4
de inundaciones		
Muy relevante	Muy Baja	0
Bastante relevantes	Baja	1
Medianamente relevantes	Media	2

Cuadro 21. Valoración del indicador grado de cumplimiento de normativa ambiental que reduce riesgo de inundaciones.

Grado de cumplimiento de normativa ambiental que reduce riesgo de inundaciones	Vulnerabilidad	Calificación
100-95	Muy Baja	0
94,9-90	Baja	1
89,9 – 85	Media	2
84,9 – 80	Alta	3
79,9 – 75	Muy Alta	4

Vulnerabilidad ideológica

Cuadro 22. Valoración del indicador porcentaje de la población que considera que las inundaciones ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente tienen que ocurrir.

% de la población que considera que las inundaciones ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente tienen que ocurrir	Vulnerabilidad	Calificación
0 - 9,9	Muy Baja	0
10 - 19,9	Baja	1
20 – 29,9	Media	2
30 - 39,9	Alta	3
40 ó más	Muy Alta	4

Vulnerabilidad educativa

Cuadro 23. Valoración del indicador porcentaje de la población que vive en la zona de riesgo a inundaciones que ha recibido capacitación en ese tema.

% de la población que vive en la zona de riesgo a inundaciones que ha recibido capacitación en ese tema	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 80	Muy Baja	0
79,9 - 60	Baja	1
59,9 - 40	Media	2
39,9 - 20	Alta	3
19,9 - 0	Muy Alta	4

Cuadro 24. Valoración del indicador No. de eventos anuales de capacitación sobre inundaciones.

No. de eventos anuales de capacitación sobre inundaciones	Vulnerabilidad	Calificación
4 ó más	Muy Baja	0
3	Baja	1
2	Media	2
1	Alta	3
0	Muy Alta	4

Vulnerabilidad técnica

Cuadro 25. Valoración del indicador porcentaje de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción.

% de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción.	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 95	Muy Baja	0
94,9 - 90	Baja	1
89,9 – 85	Media	2
84,9 – 80	Alta	3
79,9 – 75	Muy Alta	4

Cuadro 26. Valoración del indicador número de prácticas de uso de la tierra que favorecen las inundaciones.

No. de prácticas de uso de la tierra que favorecen las inundaciones	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy Baja	0
1	Baja	1
2	Media	2
3	Alta	3
4 ó más	Muy Alta	4

Vulnerabilidad cultural

Cuadro 27. Valoración del indicador porcentaje de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a inundaciones.

% de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a inundaciones	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 90	Muy Baja	0
89,9 – 80	Baja	1
79,9 – 70	Media	2
69,9 – 60	Alta	3
Menor a 60	Muy Alta	4

Cuadro 28. Valoración del indicador porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo

% de la población dispuesta a trabajar en equipo	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 90	Muy Baja	0
89,9 – 80	Baja	1
79,9 – 70	Media	2
69,9 – 60	Alta	3
Menor a 60	Muy Alta	4

Deslizamientos

Vulnerabilidad física

Cuadro 29. Valoración del indicador número de edificaciones en laderas

No. de edificaciones	Vulnerabilidad	Calificación
0 - 2	Muy Baja	0
3 - 4	Baja	1
5 - 6	Media	2
7 - 8	Alta	3
Mayor a 8	Muy Alta	4

Cuadro 30. Valoración del indicador número de estructuras por tipo de construcción.

No. de estructuras por tipo de construcción	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor a 80% son de hierro y hormigón	Muy Baja	0
Entre 79% - 60% hormigón	Baja	1
Entre 59% - 40% son de acero laminado	Media	2
Entre 39% - 20% son de maderas	Alta	3
Menor a 20% son de maderas o mixtos (latón)	Muy Alta	4

Cuadro 31. Valoración del indicador número de viviendas en mal estado.

No. de viviendas en mal estado	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy Baja	0
1	Baja	1
2	Media	2
3	Alta	3
Más de 3	Muy Alta	4

Cuadro 32. Valoración del indicador número de infraestructuras existentes.

No. de infraestructuras existentes	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor a 8	Muy Baja	0
8-7	Baja	1
6-5	Media	2
4-3	Alta	3
2-0	Muy Alta	4

Cuadro 33. Valoración del indicador número de viviendas, centros educativos, albergues, centros de trabajo ubicadas a menos de 300 m de un deslizamiento zona.

No. de viviendas, centros educativos, albergues, centros de trabajo ubicadas a menos de 300 m de un deslizamiento	Vulnerabilidad	Calificación
0 -2	Muy Baja	0
3 - 4	Baja	1
5 -6	Media	2
7 - 8	Alta	3
Mayor a 8	Muy Alta	4

Cuadro 34. Valoración del indicador número de meses con accesibilidad durante el año.

No. de meses con accesibilidad durante el año	Vulnerabilidad	Calificación
Fácil acceso todo el año	Muy Baja	0
Un mes con acceso limitado	Baja	1
Acceso limitado época de lluvia	Media	2
Acceso muy limitado todo el año	Alta	3
Difícil todo el año	Muy Alta	4

Vulnerabilidad social

Cuadro 35. Valoración del indicador número de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio.

No. de organizaciones e instituciones activas relacionadas con la gestión del riesgo existente en la zona de estudio.	Vulnerabilidad	Calificación
4 ó más	Muy Baja	0
3	Baja	1
2	Media	2
1	Alta	3
0	Muy Alta	4

Cuadro 36. Valoración del indicador porcentaje de las familias, que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia.

% de las familias, que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia.	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 90	Muy Baja	0
80 - 89	Baja	1
70 - 79	Media	2
60 - 69	Alta	3
Menor de 60	Muy Alta	4

Cuadro 37. Valoración del indicador porcentaje de centros de trabajo, comercios, etc; que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia.

% de centros de trabajo, comercios, etc que viven en zonas de riesgo a deslizamientos que tienen un plan de emergencia.	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 90	Muy Baja	0
80 - 89	Baja	1
70 - 79	Media	2
60 - 69	Alta	3
Menor de 60	Muy Alta	4

Vulnerabilidad ecológica

Cuadro 38. Valoración del indicador grado (%) de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.

Grado (%) de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, etc.	Vulnerabilidad	Calificación
0 – 5,9	Muy Baja	0
6 – 11,9	Baja	1
12 – 17,9	Media	2
18 – 23,9	Alta	3
Mayor a 24	Muy Alta	4

Vulnerabilidad económica

Cuadro 39. Valoración del indicador ingreso per cápita de las familias que viven en zonas de riesgo a deslizamientos (US \$).

999-500	Media	2
499-200	Alta	3
<199	Muy Alta	4
> 2000	Muy Baja	0
1999-1000	Baja	1

Cuadro 40. Valoración del indicador monto anual destinado a obras y actividades de prevención de inundaciones y deslizamientos por parte del Municipio y el Estado.

Monto anual destinado a obras y actividades de prevención de inundaciones y deslizamientos por parte del Municipio y el Estado.	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor de 200 000	Muy Baja	0
199,000 – 150 000	Baja	1
149,000 – 100 000	Media	2
99,000 – 50 000	Alta	3
Menor a 50 000	Muy Alta	4

Vulnerabilidad política

Cuadro 41. Valoración del indicador grado (%) de cumplimiento de normativa ambiental que reduce riesgo de deslizamientos.

Grado (%) de cumplimiento de normativa ambiental que reduce riesgo de deslizamientos.	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 95	Muy Baja	0
94,9 - 90	Baja	1
89,9 – 85	Media	2
84,9 – 80	Alta	3
79,9 – 75	Muy Alta	4

Cuadro 42. Valoración del indicador grado (%) de relevancia para las tomadoras decisiones del problema de deslizamientos.

Grado (%) de relevancia para los tomadores decisiones del problema de deslizamientos.	Vulnerabilidad	Calificación
Muy relevante	Muy Baja	0
Bastante relevantes	Baja	1
Medianamente relevantes	Media	2
Poco relevante	Alta	3
Muy poca o ninguna relevancia	Muy Alta	4

Vulnerabilidad ideológica

Cuadro 43. Valoración del indicador porcentaje de la población que considera que los deslizamientos ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente.

20 - 29,9	Media	2
30 - 39,9	Alta	3
40 ó más	Muy Alta	4
simplemente.		
0 - 9,9	Muy Baja	0
10 - 19,9	Baja	1

Vulnerabilidad educativa

Cuadro 44. Valoración del indicador porcentaje de la población que vive en zona de riesgo a deslizamientos que ha recibido capacitación en ese tema.

% de la población que vive en zona de riesgo a deslizamientos que ha recibido capacitación en ese tema.	Vulnerabilidad	Calificación
100-80	Muy Baja	0
79.99-60	Baja	1
59.99- 40	Media	2
39.99-20	Alta	3
19.99- 0	Muy Alta	4

Cuadro 45. Valoración del indicador número de eventos anuales de capacitación sobre deslizamientos.

No. de eventos anuales de capacitación sobre deslizamientos.	Vulnerabilidad	Calificación
4 ó más	Muy Baja	0
3	Baja	1
2	Media	2
1	Alta	3
0	Muy Alta	4

Vulnerabilidad técnica

Cuadro 46. Valoración del indicador porcentaje de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción.

% de la infraestructura con técnicas adecuadas de construcción.	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 95	Muy Baja	0
94,9 - 90	Baja	1
89,9 – 85	Media	2
84,9 – 80	Alta	3
79,9 – 75	Muy Alta	4

Cuadro 47. Valoración del indicador grado (%) de uso de prácticas de uso de la tierra que favorecen los deslizamientos.

Grado (%) de uso de prácticas de uso de la tierra que favorecen los deslizamientos	Vulnerabilidad	Calificación
0	Muy Baja	0
1	Baja	1
2	Media	2
3	Alta	3
4 ó más	Muy Alta	4

Vulnerabilidad cultural

Cuadro 48. Valoración del indicador porcentaje de la población dispuesta a trabaja en equipo.

% de la población dispuesta a trabaja en equipo	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 80	Muy Baja	0
79,99 - 60	Baja	1
59,99 - 40	Media	2
39,99 - 20	Alta	3
19,99 - 0	Muy Alta	4

Cuadro 49. Valoración del indicador porcentaje de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a deslizamientos.

% de la comunidad que no percibe como una situación importante el riesgo a deslizamientos	Vulnerabilidad	Calificación
100 - 90	Muy Baja	0
89,9 – 80	Baja	1
79,9 – 70	Media	2
69,9 – 60	Alta	3
Menor a 60	Muy Alta	4

3.4.4 Cálculo de la vulnerabilidad global

Para la obtención de la vulnerabilidad del área de estudio se realizaron una serie de pasos que a continuación se detallan:

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

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

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.

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 porcentaje, de cada una de las vulnerabilidades. Este se determinó de acuerdo a experiencias de expertos, conocimientos del investigador y consultas en literatura relacionadas con el tema (Jiménez 2009).

Cálculo de la vulnerabilidad global ponderada

Para darle un peso mayor a los tipos de vulnerabilidad que son consideradas más importantes, según el tipo de amenaza, se le asignó un peso relativo a cada tipo de vulnerabilidad. Se utilizaron los mismos pesos relativos para las dos tipos de amenazas (inundaciones y deslizamientos), según se indica en el cuadro 50.

A continuación veremos en el siguiente cuadro 50, los valores asignados a cada vulnerabilidad según su importancia.

Cuadro 50. Peso relativo asignado a cada tipo de vulnerabilidad para mi ponderación

Vulnerabilidad	Peso relativo
Física	15
Social	10
Ecológica	20
Económica	15
Política	10
Ideológica	5
Educativa	10
Técnica	10
Cultural	5

Por lo tanto la vulnerabilidad global se calcula según la fórmula siguiente:

Vulnerabilidad Global = $\Sigma (a * 0,15) + (b * 0,10) + (c * 0,20) + (d * 0,15) + (e * 0,10) + (f * 0,05) + (g * 0,10) + (h * 0,10) + (i * 0,05)$ donde:
a = Vulnerabilidad física, b = Vulnerabilidad social, c = Vulnerabilidad ecológica, d = Vulnerabilidad económica, e = Vulnerabilidad política, f = Vulnerabilidad ideológica g= Vulnerabilidad educativa, h = Vulnerabilidad técnica, i =Vulnerabilidad cultural.

3.5 Identificación de las zonas críticas a inundación (Objetivo 3).

3.5.1 Mapa comunal

Para dar respuesta a la pregunta de investigación de este objetivo, se realizó un grupo focal con miembros de las ocho comunidades evaluadas en el estudio. Los miembros de este grupo focal fueron los encargados de identificar zonas críticas a inundación, con la elaboración de un mapa comunal de riesgo a inundaciones, el cual se realizó mediante un taller en el cual participaron los integrantes del grupo focal. Los mapas comunitarios participativos de riesgo crean condiciones propicias para la participación de las comunidades, el cual permite registrar en forma gráfica y participativa, los diferentes componentes, dando lugar a ubicarlo y describirlos en el espacio y en el tiempo. En la documentación de la percepción de los actores claves sobre la identificación de zonas vulnerables a inundaciones. Se utilizaron símbolos para identificar lugares de referencias: escuelas; hospitales; bomberos; policía; los ríos, etc. y colores para identificar las zonas de riesgos específicos que tienen determinados lugares, por ejemplo: el color rojo para zona de mucho peligro; el color amarillo para zonas en riesgo y el color verde para zonas sin riesgo tipo semáforo; para ello se siguió la guía propuesta EIRD.

Posteriormente se realizó un recorrido de campo a los sitios en que presumiblemente hay vulnerabilidad a inundaciones, según lo indicado en los mapas elaborados por los miembros del grupo focal. De esta manera se crearon los mapas comunitarios de riesgo de cada una de las comunidades dentro de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

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. Estos mapas sirvieron para hacer una comparación de los resultados obtenidos con el programa de simulación de inundaciones. Es importante señalar que se tomaron como base los mapas elaborados por USAID en el año 2008.

3.5.2 Evaluación a zonas de inundaciones utilizando el modelo de simulación "Flood Área"

Para evaluar las zonas de inundación se utilizó el programa "FloodArea" Versión 9.5.0.89 © geomer GmbH März 2006 (Ruiz 2006) y ArcMap™ 9.3 de ESRI®. Los insumos básicos utilizados para calibrar este modelo fueron:

- Modelado digital del terreno (DEM) con píxeles de 30 x 30 m
- Grid de red de drenaje el cual se le asignó atributos, dependiendo de su elevación.
- Mapa del uso actual del suelo (rugosidad del suelo).

Este modelo define no solo el área propensa a inundarse, sino que los cálculos dan el nivel de las aguas en cualquier punto. "FloodArea" ofrece tres posibilidades de análisis por hidrogramas, marcas en la red de drenajes y basándose en la simulación de una tormenta. Para esta evaluación se utilizó la red de drenaje, asumiendo que la crecida se da en toda la red de drenajes ya que no hubo información sobre todos los hidrogramas. De igual forma, los resultados obtenidos en las evaluaciones previas son más realistas con este método.

3.6 Metodología para evaluar la amenaza de deslizamientos, utilizando el método Vahrson Mora (Objetivo 4)

Para evaluar el riesgo a deslizamiento en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, se utilizó la metodología Vahrson-Mora (Mora *et al.* 1992), la cual permitió obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, propiciados por precipitaciones de alta intensidad, sismos de magnitud importantes o una combinación de ambos factores. Esta metodología es sencilla de implementar en un sistema de información geográfica (SIG). La metodología utiliza la combinación de tres factores de susceptibilidad y dos factores de disparo según se indica a continuación:

Factores de susceptibilidad (intrínsecos):

1. Pendiente (P)
2. Litología (G)
3. Humedad del suelo (Hs)

Factores de disparo (externos) por:

1. Actividad sísmica (S)
2. Precipitación (Pp)

Cada factor se ponderó con un valor, el cual define el grado de influencia en los deslizamientos de tierra. Posteriormente, los valores se combinaron mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{Susc} = (P \times G \times Hs) \times (S + Pp)$$

Donde, Susc= Susceptibilidad por deslizamiento de tierra.

Los valores obtenidos de la fórmula anterior, se categorizaron de acuerdo al cuadro 51.

Cuadro 51. Clasificación de la amenaza de deslizamiento

Clase	Rango de valores	Grado de susceptibilidad
1	0-6	Muy bajo
2	7-32	Bajo
3	33-162	Mediano
4	163-512	Medio
5	513-1250	Alto
6	>1251	Muy alto

3.6.1 Estimación de parámetros de susceptibilidad y de disparo

A continuación se describe la metodología empleada para la obtención de los mapas insumos para estimar la susceptibilidad (figura 3).

La metodología se aplicó mediante la combinación de varios factores, los cuales se obtuvieron de la observación y medición de indicadores morfodinámicos y de distribución espacio temporal. Los factores o parámetros fueron recalibrados de acuerdo con el área de estudio, lo que mismo que la selección del la escala. A continuación se describe el proceso para la estimación de cada uno de los factores que componen la metodología.

Factor de susceptibilidad pendiente (P)

El parámetro de la pendiente refleja la rugosidad natural del terreno. Este es el único factor que puede poseer una ponderación de cero, en el caso de áreas con poco relieve (planas o casi plana). Se elaboró el mapa de pendientes en porcentaje, empleando un modelo de elevación digital con un tamaño de celda de 30x30m, que posteriormente se clasificó de acuerdo a los valores del Cuadro 52. Para su determinación se utilizó el método Vahrson-Mora (1992), modificado por Mora (2002)

Cuadro 52. Valoración de pendientes

Rangos de pendientes (%)	Valor asignado (Mora-Vahrson)
0-2	1
2-4	2
4-8	3
8-16	4
16-35	5
35-55	6
>55	7

Mora (2002)

.. Factor de susceptibilidad litológica (G)

Este factor toma en cuenta la clasificación y cuantificación de las rocas y los diferentes tipos de suelos. Para la obtención de los valores de este factor se utilizó el mapa Geológico de Panamá, escala 1:500.000. La clasificación empleada para este mapa, es la sugerida por Mora-Vahrson (1992) de acuerdo a sus características físico-químicas (Cuadro 53).

Cuadro 53. Valoración de litología

Litología	Características físico-mecánicas típicas	Calificativo y valor de L
Lavas y tobas terciarias y cuaternarias	Resistencia al corte: moderada a media, fracturación importante.	3
Aluviones y sedimentos no consolidados	Resistencia al corte: moderada a baja.	4

.. Factor de susceptibilidad de humedad del suelo (Hs)

Se asume una evapotranspiración potencial de 125 mm/mes, por lo tanto, precipitaciones mensuales inferiores a 125 mm no conducen a un aumento de la humedad del terreno, mientras que una precipitación entre 125 y 250 mm sí la incrementa, y precipitaciones mensuales superiores a 250 mm conducen a una humedad del suelo muy alta (Mora et al. 1992).

Seguidamente, a los promedios mensuales se les asignaron valores y se efectuó la suma de estos valores para los doce meses del año, con lo que se obtiene un valor que puede oscilar entre 0 y 24 unidades. El resultado refleja los aspectos relacionados con la saturación y la distribución temporal de humedad en el terreno (Mora *et al.* 1992). (Cuadro 54).

Cuadro 54. Valoración de precipitación para humedad

Precipitación media mensual (mm/mes)	Valor asignado
< 125	0
125 – 250	1
> 250	2

Para la obtención de los datos se utilizó el promedio mensual de precipitación del período normal de 1972 al 2006 de ocho estaciones meteorológicas que se encuentran en la zona de estudio. A partir de los resultados obtenidos se generaron 12 mapas de

precipitación promedio mensual, por medio del método de ponderación "Spline", que fueron procesados de acuerdo a la categorización propuesta por Mora-Vahrson (2002). A partir de los mapas clasificados se sumaron los valores, el mapa resultante se reclasificó, asignándosele su valor correspondiente (Cuadro 55), obteniéndose así, la humedad teórica del suelo en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

Cuadro 55. Valoración de humedad de suelo

Valor anual de factor humedad	Valor asignado
0 – 4	1
5 – 9	2
10 – 14	3
15 – 19	4
20 – 24	5

.. **Parámetro de disparo por sismicidad (S)**

La sismicidad es uno de los fenómenos naturales que más propicia los deslizamientos, siendo la Provincia de Chiriquí un área de mucha actividad sísmica, es por eso que en esta metodología se presenta como un factor de disparo.

Para el análisis del parámetro de intensidad sísmica se utilizó el registro histórico del departamento de Geociencias de la Universidad de Panamá, indicándose un sismo de VI en la escala de intensidades de Mercalli Modificada (IMM), ubicado en la zona de estudio.

.. **Parámetro de disparo por lluvia (Pp)**

En las regiones tropicales de América Latina, los deslizamientos regolíticos están relacionados con lluvias intensas de corta duración, mientras que los deslizamientos masivos se activan o reactivan con lluvias de largas duraciones relacionadas con temporales. Para la obtención de los valores de este parámetro se utilizaron datos meteorológicos máximos diarios anuales de precipitación en un período de los años 1972-2006 en cinco estaciones meteorológicas de ETESA (anexo 2).

Se empleó el método de Gumbel para estimar la precipitación máxima para un periodo de retorno de 10 y 100 años con lluvia de 24 y 72 horas, que se clasificaron de acuerdo a la propuesta de Mora-Vahrson (Cuadro 56), obteniéndose dos mapas de precipitaciones con 10 años de retorno, pero con duraciones de lluvia de 24 y 72 horas y dos mapas con 100 años de retorno con las mismas duraciones de lluvia.

Cuadro 56. Valoración de lluvias extremas

Precipitación máxima mm/día	Valor asignado
< 100	Muy bajo
101 – 200	Bajo
201 – 300	Medio
301 – 400	Alto
> 400	Muy alto

Los valores resultantes de la de la aplicación de la fórmula empleada en esta metodología se valoran de acuerdo con el cuadro 57, dando como resultado el mapa de amenaza de deslizamiento.

Cuadro 57. Valoración del mapa

Clase	Rango de valores	Categoría
1	0-6	Muy bajo
2	7-32	Bajo
3	33-162	Mediano
4	163-512	Medio
5	513-1250	Alto
6	> 1251	Muy alto

Fuente: Mora (2002)

3.7 Determinar la percepción, estrategias y acciones de actores locales para disminuir el riesgo ante inundaciones y deslizamientos (Objetivo 5).

Para dar respuesta a las interrogantes de este objetivo, se utilizó el método de entrevistas semi-estructuradas las cuáles se aplicaron a actores claves de las ocho comunidades en estudio, que han sufrido las consecuencias de eventos de deslizamientos e inundaciones, que están involucradas en comités de prevención de riesgo o instituciones. En total se realizaron cinco entrevistas por comunidad, para un total de 40 a actores claves, 10 a instituciones presentes en el área de estudio y 10 a comercios del área.

Como instrumento se utilizó una guía de entrevista por amenaza (ver anexo 4) para determinar percepciones, estrategias y acciones para reducir el riesgo ante deslizamiento e inundaciones. Se validó en las comunidades de estudio, mediante una prueba piloto y posteriormente se realizaron los ajustes correspondientes.

Para saber más de las percepciones y estrategias de los actores claves (pobladores e instituciones) de las diferentes comunidades que forman parte del estudio, se evaluó cada amenaza por separado, las cuales incluyeron temas (y preguntas asociados a los mismos), como lo que se indican a continuación.

Instituciones

- .. ¿Cuáles considera usted son las principales causas de la ocurrencia de inundaciones en la zona de estudio?
- .. ¿Considera usted que el Municipio debe destinar de manera permanente un presupuesto para la prevención y preparación ante eventos de inundaciones en la zona de estudio?
- .. ¿Considera usted que las comunidades están preparadas para enfrentar eventos de inundaciones?

Comunidad

- .. ¿Cómo califica las acciones de prevención, mitigación y preparación por parte de las Instituciones correspondientes al tema de inundaciones?
- .. ¿Qué estrategias concretas conoce usted que se han implementado, o considera que debería utilizarse para reducir el riesgo de deslizamientos?

4. RESULTADOS

4.1 Eventos históricos de inundaciones y deslizamientos en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo (Objetivo 1).

Los inventarios históricos de inundaciones y deslizamientos son importantes porque permiten conocer con detalle el periodo de ocurrencias, las posibles causas y los efectos o daños. De igual forma son una herramienta para la mayor efectividad de los pronósticos y alertas tempranas porque registran los riesgos materializados y por lo tanto incluyen, implícitamente, otros factores que condicionan el impacto de las amenazas (vulnerabilidad). Las comunidades donde se presentan con más frecuencia las inundaciones son: Bambito, Nuevo Bambito, Paso Ancho, Nueva Suiza, Guadalupe,- Entre Ríos, Cerro Punta centro y Las Nubes.

Entre los problemas identificados de inundaciones y deslizamientos, de acuerdo a la revisión de documentos, inventarios, entrevistas con pobladores de las comunidades, recorrido de campo están: erosión de las orillas de quebrada y ríos, destrucción de tramos de caminos, ingreso y depósito de materiales en las viviendas, incomunicación de zonas de las comunidades, pérdidas de vidas; formación de cárcavas en las orillas de los caminos, daños en viviendas, puentes e infraestructuras.

4.1.1 Inventario histórico de inundaciones en la zona de estudio

Las inundaciones son uno de las amenazas naturales de mayor importancia en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, que periódicamente producen importantes pérdidas económicas y humanas. Según Leopold et al. (1984), las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras. Esto hace que un determinado curso de aguas rebalse su cauce e inunde tierras adyacentes. Para la eficaz gestión del riesgo y proceso de toma de decisiones es necesario evaluar suficientemente el peligro, la exposición y la vulnerabilidad. Identificar las áreas que han sufrido eventos históricos es el primer paso en la evaluación del peligro, de modo que permita identificar las áreas potenciales de riesgo.

El cuadro 58 presenta un resumen de las inundaciones históricas ocurridas en la zona de estudio, mientras que la figura 3 muestra la ubicación geográfica de las mismas. Como se evidencia en estos datos, las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo se encuentran expuestas a frecuentes inundaciones.

Cuadro 58. Inundaciones históricas en las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.

No.	Fecha	Fuente de información	Lugar de ocurrencia	Causa del evento	Consecuencias	Coordenadas
1	09-04-1970	Protección Civil	Cerro Punta, Paso Ancho, Bambito, Nuevo Bambito y Nueva Suiza, Volcán	Fuertes precipitaciones, alcanzaron los 342 mm, crecida del río Chiriquí Viejo	Se registran muertos, no cuantificados. Pérdidas de materiales de infraestructuras, agropecuarias, daños en puentes, instalaciones eléctricas, carreteras y viviendas.	
2	01-08-1984	Protección Civil	Bambito, Volcán	Fuertes precipitaciones ocasionan el desbordamiento del río Chiriquí Viejo, precipitaciones que alcanzaron los 141,3 mm diario.	Pérdidas económicas por dos millones de dólares, reportada por Truchapan, en el sector de Bambito.	
3	21-10-1988	Amisconde	Cerro Punta	Inundación por crecidas en el río a Chiriquí Viejo, debido al huracán Juana. Precipitaciones fueron de 137 mm.	Dos muertos, 826 damnificados y daños considerables en viviendas e infraestructura.	
4	02-10-1996	Policía Nacional	La Filipina	Fuertes precipitaciones que alcanzaron los 203 mm.	Hubo 26 afectados, 6 viviendas afectadas, daños en carreteras, comunicaciones. Perdidas aproximada de 9,000 dólares.	
5	13-10-1996	Protección Civil	Nueva Suiza	Fuertes precipitaciones, desbordamiento del río productos de la acumulación de 72 horas de lluvias que alcanzaron los 160mm	La comunidad entre el área de Cerro Punta y Volcán se mantiene incomunicada debido a la destrucción de la carretera. Daños en la infraestructura y el sector agropecuario.	
6	10-09-1997	Protección Civil	Bambito, Cerro Punta	Precipitaciones alcanzaron los 45 mm, crecida del río Chiriquí Viejo	Hubo 4 personas afectadas, 2 viviendas dañadas, pérdidas por 3000 dólares	
7	26-09-1997	Protección Civil	Nueva Suiza, Cerro Punta	Fuertes precipitaciones, crecida del río Chiriquí Viejo, producto de 48 horas de lluvia,	Hubo afectados, una vivienda afectada y pérdidas en el sector agropecuario	

				alcanzo los 93,9 mm.		
8	12-09-1998	Policía Nacional	Paso Ancho, Volcán	Producto de las fuertes lluvias ocasionaron el desbordamientos del río Chiriquí Viejo con precipitaciones por arriba del 64,4 mm.	No hubo afectaciones	
9	14-01-2000	Diario la Critica de Panamá	Cerro Punta	Frente frío, fuertes precipitaciones que alcanzaron los 100 mm.	Hubo 15 personas evacuadas	
10	27-06-2001	Protección Civil	Las Nubes, Cerro Punta	Fuertes precipitaciones, crecida del río Chiriquí Viejo	Hubo 12 personas afectadas y 3 viviendas parcialmente dañadas	
11	22-11-2008	Pobladores la comunidad	Guadalupe y Entre Ríos, Paso Ancho, Nuevo Bambito, Bambito, Cerro Punta y Volcán	Inundación por desbordamiento del río Chiriquí Viejo, causado por frente frío que azotó el área. 174 mm de lluvia.	Hubo 573 personas afectadas, 255 personas damnificadas. Graves afectaciones en carreteras, comunicaciones viviendas destruidas, daños en el sector agropecuarios, pérdidas económicas cuantiosas	
12	29-05-2008	Protección Civil	Comunidad de las Nubes Arriba y Comunidad de la Garita Cerro Punta	Inundación provocando el desbordamiento del río Chiriquí Viejo, productos de las fuertes lluvias que se registraron por mas de 72 horas que alcanzaron los 367,5 mm.	Hubo 20 personas afectadas, 5 viviendas dañadas, 1 damnificado.	
13	04-02-2009	Noticias Acan-Efe	Cerro Punta	Lluvias prolongadas no se tiene registro de los mm de lluvias.	Hubo 70 personas afectadas, 40 viviendas con daños parciales	
14	11-01-2009	Diario La Prensa	Cerro Punta	Fuertes precipitaciones, no se tiene registro de los mm de lluvias.	Viviendas afectadas, infraestructuras dañadas	

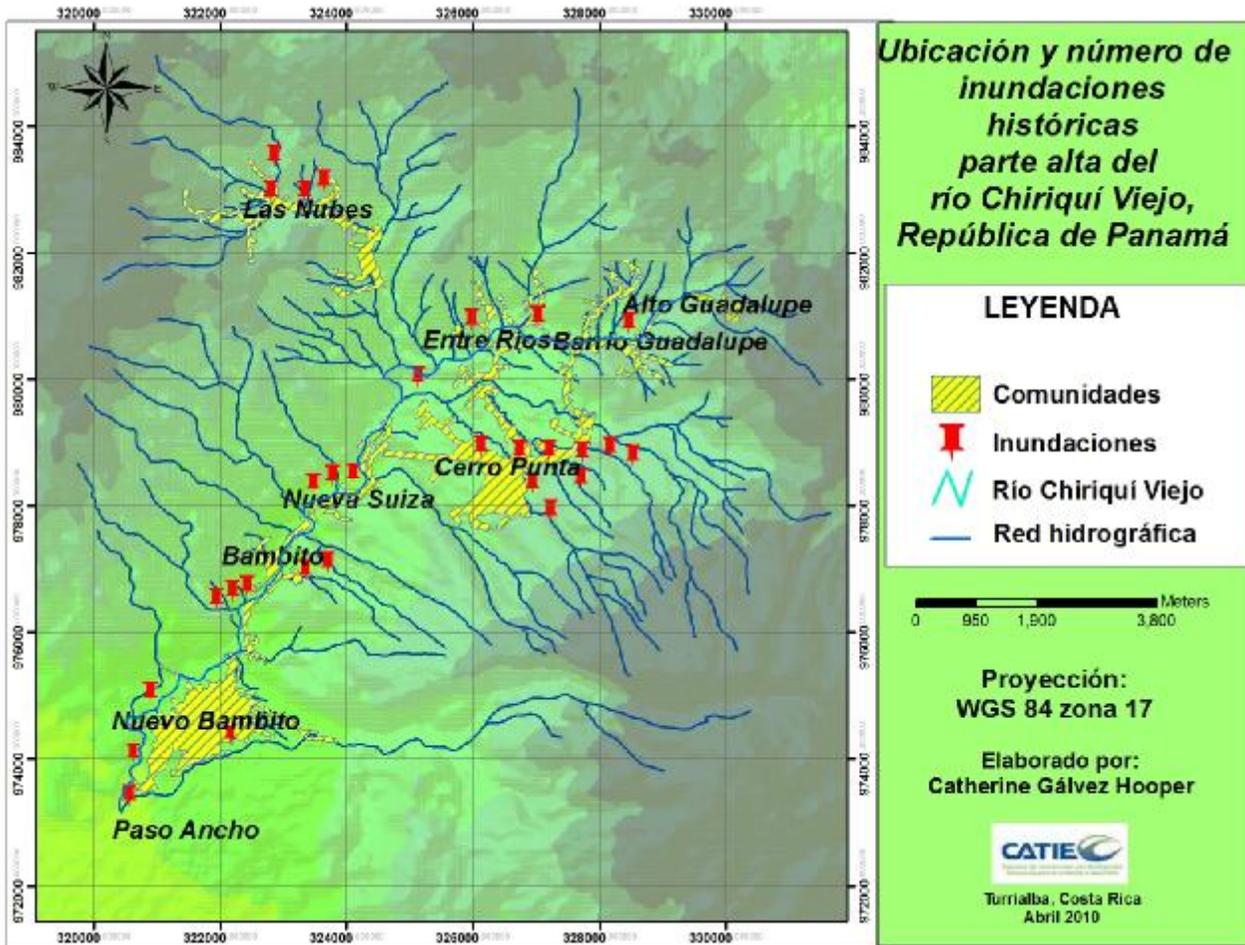


Figura 3. Ubicación geográfica de eventos históricos de inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

La comunidad de Cerro Punta Centro es la comunidad que registra la mayor cantidad de eventos históricos de inundaciones, producto de las fuertes precipitaciones en el área, con una presencia de 9 de las 14 inundaciones que se tiene registrada de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo. En este mismo sentido la comunidad de Bambito con un registro de 5 de las 14 inundaciones, seguido de Las Nubes con 4 de las 14. Las comunidades de Nuevo Bambito, Paso Ancho, Guadalupe, Nueva Suiza registran dos eventos históricos. La falta de canalización en estos puntos, es el principal problema, ya que el río se encuentra encajonado lo que limita su capacidad hidráulica. Otro aspecto importante es la limpieza de los cauces, ya que la gran cantidad de escombros producto de la deforestación y la falta de conciencia ambiental de la población, producen embalses o acumulaciones de agua en estas áreas.

Hay que establecer en las comunidades de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo una cultura del riesgo, una concienciación o sensibilización sobre los distintos elementos de riesgo y vulnerabilidad.

Causas y origen de los problemas de inundaciones

La identificación de las causas y orígenes de las inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo se llevó a cabo en tres etapas: la primera consistió en un taller con actores claves de las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo; la segunda fue un recorrido de campo donde se pudo comprobar mediante observación directa, las causas y orígenes que provocan las inundaciones; la tercera fue la revisión de información secundaria (periódicos, revistas, literatura).

Se identificaron las siguientes posibles causas de las inundaciones en la zona de estudio:

1. **Precipitaciones intensas y de corta duración provocadas por "temporales"**. Este es el principal disparador de las inundaciones en el área de estudio, que dan origen a fuertes avenidas y posibles inundaciones ya que crece el nivel de agua que trae un río y, en poco tiempo, puede desbordarse y causar inundaciones. Olcina (1994) indica que los factores desencadenantes de las inundaciones son principalmente fenómenos hidrometeorológicos. Es importante señalar que en la parte alta de la cuenca se registran todos los años precipitaciones superiores a 100 mm en un día; en algunas zonas, y se han registrado lluvias hasta de 343 mm, como ocurrió el 9 de abril de 2008 en Cerro Punta, las cuales ocasionaron el desbordamiento del río (ETESA 2010).

2. Hay otras causas de inundaciones, que no tienen carácter hidrometeorológico, y que Pardé (1961) **definió como debacles**. Se refiere fundamentalmente a la liberación brusca de aguas represadas, producto de la obstrucción natural o de origen antrópico del cauce. Por ejemplo en la comunidad de Guadalupe, todos los años debido a la fuerza del agua y al arrastre de escombros (troncos, rocas, sedimentos), ocurren los embalses en esta zona, lo que provoca que el nivel del agua se incremente y se salga de su curso. De los 14 eventos históricos de inundaciones que tenemos registrados, el 35% se debe al desbordamiento del río Chiriquí Viejo en su parte alta. Los desbordamientos de los ríos son muy comunes en esta zona, por la falta de limpieza de los cauces y por la tala de los bosques.

Entre los elementos directos e indirectos que incrementan la vulnerabilidad y el riesgo de inundaciones en la zona de estudio están los siguientes:

Directos:

- El área donde están ubicadas las comunidades de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo presentan un alto índice de deforestación (aproximadamente 6,000 hectáreas han sido taladas), y dedicadas a la actividad agrícola y pecuaria

aumentando la erosión, y llevando al río grandes cantidades de materiales en suspensión que agravan los efectos de la inundación. Indica Laganier (1990) que como consecuencia de todos estos procesos, se movilizan grandes cantidades de materiales sólidos desde la cabecera de la cuenca. La carga sólida forma parte de los componentes de avenida, dificulta la circulación del caudal líquido (turbidez) e incrementa el poder erosivo de la corriente. En el año 2008, las comunidades de las Nubes Arriba y la Garita en Cerro Punta tuvieron graves afectaciones, debido a que en la parte alta (naciente del río Chiriquí Viejo), se talaron grandes cantidades de árboles. Como consecuencia de este evento, hubo 20 personas afectadas y cinco viviendas dañadas. En la figura 4 se muestran imágenes de la comunidad de las Nubes donde se registra este problema.



Fuente: SINAPROC

Figura 4. Fotos del área de estudio donde se puede apreciar la tala de árboles y desechos de materiales sólido que producen embalses, aumentando el riesgo de inundaciones.

- .. Se pudo comprobar mediante el recorrido de campo y la literatura consultada, que cerca del 75% del cauce del río, en la zona de estudio, está ocupado, por asentamientos humanos en zonas inundables. Esto reduce la sección útil para

evacuar el agua y reduce la capacidad de la llanura de inundación del río (los procesos de impermeabilización del terreno, como la urbanización incrementan la escorrentía, y con ello el volumen y velocidad de la crecida). Las consecuencias son que las aguas suben a un nivel más alto y llega mayor cantidad de agua a los siguientes tramos del río, porque no ha podido ser embalsada por la llanura de inundación, provocando mayores desbordamientos. Por otra parte, el riesgo de perder la vida y de daños personales es muy alto en las personas que viven en esos lugares. En el año 1970 se registraron muertos no cuantificados y pérdidas de infraestructuras debido a los asentamientos humanos en zonas inundables.

Mateu (1990) indica que las inundaciones y las actividades humanas es una relación que trae beneficios positivos y negativos; entre los positivos están: el incremento de la fertilidad del suelo, la limpieza de los cauces, la renovación de las aguas estancadas. Sin embargo, las consecuencias son, en su mayor parte, negativas, por ejemplo: daños en infraestructuras, repercusiones en actividades humanas como es la paralización de actividad por la inundación y la pérdida de vidas humanas.

- Al asfaltar cada vez mayores superficies, se impermeabiliza el suelo, lo que impide que el agua se absorba por la tierra y facilita que rápidamente las aguas lleguen a los cauces de los ríos a través de desagües y cunetas. Los desastres son obra de los hombres, en tanto que han buscado el riesgo, ocupando los llanos de inundación con edificios, campos o industrias, carreteras, puentes, vías férreas, etc, por ignorancia o conveniencia económica.

Para Ward (1978) las inundaciones no son desastres naturales, sino fenómenos naturales que responden a las pautas habituales del flujo de los ríos. La figura 5 muestra ejemplos de alteraciones en el sistema hídrico que ocurre en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.





Figura 5. Fotos del área de estudio donde se puede apreciar los asentamientos humanos en áreas de riesgos e infraestructuras que impermeabilizan el suelo.

Indirectos:

- “ La falta de educación ambiental en los centros educativos y entre los moradores de las comunidades es evidente; es importante que se implementen programas educativos dirigidos a estudiantes, así como al resto de la población que reside en las comunidades, para que los mismos tengan oportunidad de adoptar conductas positivas en cuanto al manejo ambiental. Al realizar un recorrido por las siete comunidades en estudio, se pudo observar que en ellas no existen programas permanentes de educación ambiental sobre los riesgos eminentes a que ellas están expuestas. Se hace imprescindible la educación y fortalecimiento de capacidades sobre riesgos, para que la población elabore y conozca los mapas de riesgo potencial y las medidas de regulación, de previsión, de alarma, de emergencia (Mateu 1990).
- “ La falta de cumplimiento de leyes o ausencia de las mismas, que por ejemplo deben evitar la devastación de los bosques (Ley No. 39 del 29 de septiembre de 1966.); uso racional del agua (Ley No. 35 de 1966); reglamentación de las aguas, servidumbres, salubridad e higiene (Decreto No. 55 del 13 de junio de 1973) y la de otorgamientos de permisos y concesiones (Decreto Ejecutivo No. 70 del 27 de julio de 1973), entre otras.

4.1.2 Inventario histórico de deslizamientos

Los deslizamientos y/o los flujos de escombros ocurren frecuentemente en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo y representan uno de los riesgos más importantes de la zona, que han traído como consecuencias pérdidas de vidas humanas y económicas.

El estudio del historial de deslizamientos en la zona de estudio, permitió conocer los niveles de susceptibilidad del terreno y la periodicidad de ocurrencia del fenómeno y su

relación con los disparadores (lluvias fuertes, sismos, erosión). En el cuadro 59, y la figura 7 se muestran los eventos de deslizamientos y su distribución espacial en las comunidades que forman parte de la zona de estudio. De acuerdo con Malamud et al. (2004), los inventarios de deslizamientos generalmente se derivan de la identificación y geo-referenciación, los cuales son la suma de uno o varios deslizamientos activos o recientemente activos a lo largo del tiempo en una región.

Cuadro 59. Deslizamientos históricos en las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.

No.	Fecha	Fuente de información	Lugar de ocurrencia	Causa del evento	Consecuencias
1	09-04-1970	Pobladores de la zona	Cerro Punta, Volcán	Fuertes lluvias, crecidas de las quebrada, 342 mm. Lo que ocasiono desprendimiento de tierra.	Muertos, el número exacto no se conoce. Pérdidas cuantiosas, daños en las infraestructuras de servicios
2	24-10-1988	Pobladores de la zona	Nueva Suiza	Fuertes lluvias 137 mm, diarios, provocando crecidas y flujo de lodo; uso del suelo, cortes en la base del talud	Cuatro muertes y los 3951 afectados
3	28-05-1994	La crítica	Nueva Suiza	Las intensas lluvias(34 mm diario) derrumbes	Hubo 3 muertos, 6 heridos, 15 afectados, 2 viviendas afectadas, 5 damnificados, 1 vivienda destruida.
4	06-08-1993	Pobladores de la zona	Nueva Suiza,	Fuertes lluvias, flujo de lodo, erosión fluvial. Lluvias por 72 horas alcanzaron los 313.6 mm.	Personas perdieron la vida.
5	08-07-1996	Protección Civil	Nuevo Bambito.	Fuertes precipitaciones, deslave producto de las fuertes precipitaciones 213mm.	Afectación del tráfico de productos hacia las afueras
6	09-10-1997	Protección Civil	Bambito	Precipitaciones que alcanzaron los 52 mm diarios.	El valor de la pérdida no fue cuantificado/ hubo afectados
7	09-11-1997	Diario La prensa	Nuevo Bambito	Crecida de río quebrada Nueva Suiza. Lluvias registradas de 39 mm diarios.	Hubo 50 afectados
8	15-10-1997	Policia Nacional	Quebrada Nueva Suiza	Fuertes precipitaciones (84.5mm) provocho la erosión fluvial, producto del mal uso del suelo lo que ocasiono flujo de lodo.	No hubo
9	28-10-1999	Protección Civil	Nueva Suiza	Corte del talud sin protección- cárcavas desarrolladas.	Dificultades en el transporte y las comunicaciones
10	07-05-2001	Protección Civil	Las Nubes	Fuertes precipitaciones	Dificultades con el transporte
11	02-09-2001	Diario La Prensa	Las Nubes	Uso del suelo, fuertes lluvias precipitación mensual registrada de 242 mm.	Hubo 200 afectados, hubo problemas con el transporte, pérdidas económicas por 8000 balboas
12	08-01-2002	Protección Civil	Las Nubes	Fuertes lluvias duración 48 horas alcanzaron los 134.2 mm, provocando la erosión fluvial	Hubo daños en el sector agropecuarios y dificultades en el transporte
13	11-07-2008	Diario La Prensa	Valle las Nubes	Fuertes lluvias, crecientes del río Chiriquí Viejo, provocó derrumbes.	Afectaciones a las viviendas, no hubo muertos.
14	22-11-2008	Protección civil	Guadalupe, Las Nubes, Bambito, Nueva Suiza	Frente frío ocasiono fuerte precipitaciones y crecidas del río Chiriquí Viejo. Precipitaciones de 174 mm de lluvia diaria.	Hubo 5 muertos, pérdidas millonarias en Boquete y Volcán. Cameteras, puentes, casas, hoteles y cultivos fueron arrasados por la fuerte corriente en las áreas de gran desarrollo turístico y de producción agrícola.

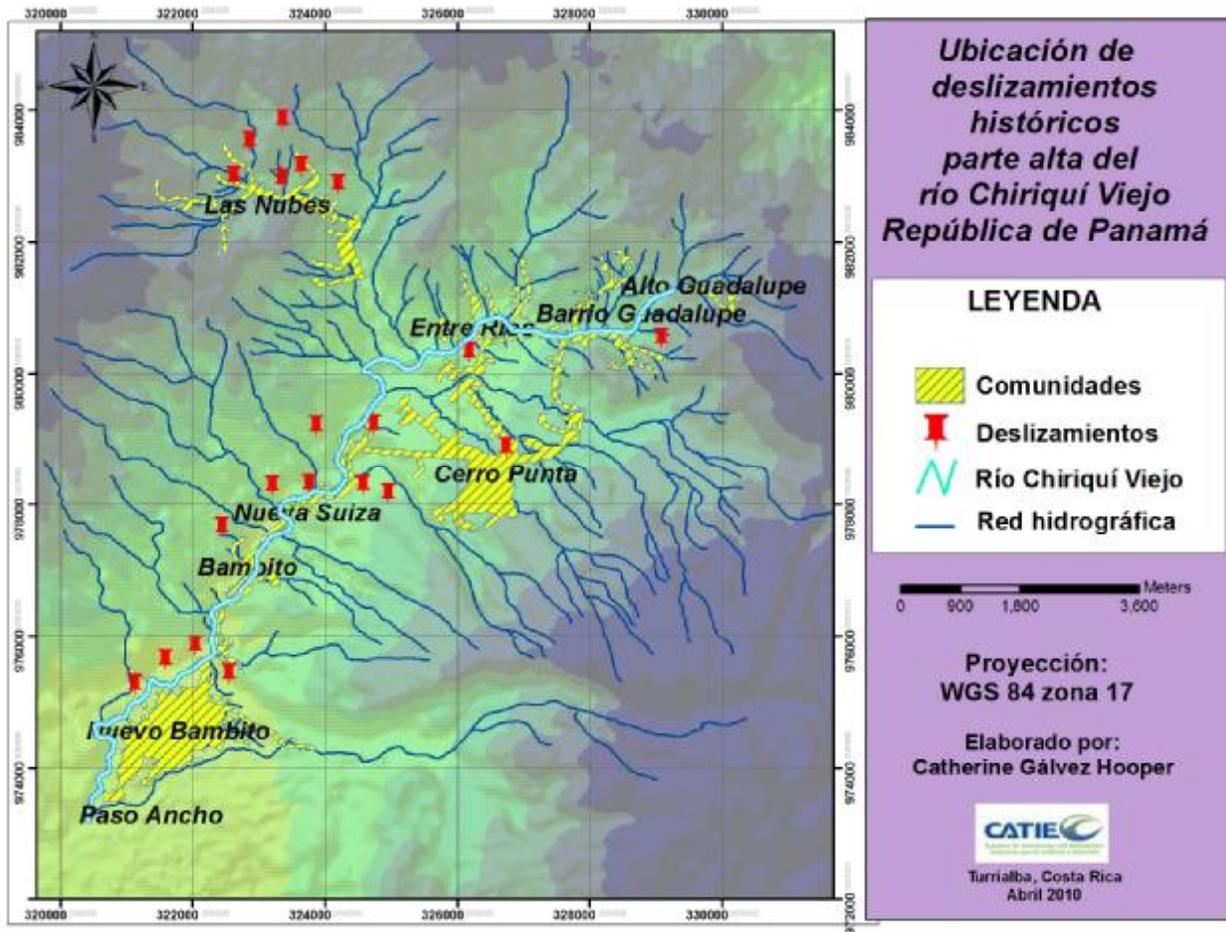


Figura 6. Ubicación geográfica de eventos históricos de deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

Como se muestra en la figura 6, las comunidades de Las Nubes y Nueva Suiza son las comunidades más afectada por los deslizamientos. Según la recopilación histórica mostrada en el cuadro 59, estas comunidades registran 6 de los 15 deslizamientos reportados, lo que refuerza que son comunidades altamente vulnerables, ya que los eventos históricos reportados y no reportados las señalan como áreas de riesgo. Un ejemplo ocurrió en el año 1988, cuando se registraron 4 muertos y 3953 afectados, producto de las fuertes precipitaciones que ocasionaron flujos de lodo (derrumbes). Es importante señalar que los deslizamientos en estas áreas son debidos a la topografía del terreno, las constantes lluvias que ocurren en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, las grandes laderas que se encuentran al lado de la calle principal y de las viviendas de estas comunidades, constituyendo un alto grado de vulnerabilidad y riesgo a deslizamientos.

La comunidad de Nuevo Bambito registra cuatro eventos históricos de deslizamientos, seguido de Cerro Punta Centro y Guadalupe-Entre Ríos con un deslizamiento reportado. Las comunidades de Paso Ancho y Bambito no registran deslizamientos.

Causas y origen de los problemas de deslizamientos en la zona de estudio

El riesgo de la zona de estudio a los deslizamientos responde a las condiciones topográficas, precipitación, características hidrogeológicas, uso del suelo producto de la deforestación y la agricultura, actividades sísmicas y actividades antrópicas relacionadas con la construcción de viviendas. Se determinó por medio de información secundaria y recorrido de campo, que los dos tipos fundamentales de movimientos existentes en la zona de estudio son: deslizamientos de tierras rotacionales-traslacionales y deslizamientos de tierras rotacionales-flujo de lodo (derrumbes) (figura 7), los cuales son causados principalmente por la saturación del suelo y la inestabilidad de laderas. Se ha podido comprobar mediante estos registros históricos que las fuertes precipitaciones en la zona de estudio es la causa principal de los deslizamientos, aunados al mal uso del suelo.



Figura 7. Un ejemplo de deslizamientos de tierras rotacionales y deslizamientos de tierra flujo de lodo, ocurridos en la zona de estudio.

A continuación se detallan elementos directos e indirectos que incrementan el riesgo a deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

Directos:

- En toda la cuenca, por el uso inadecuado del suelo (sobreexplotación) y las malas prácticas agropecuarias aumentan el riesgo de erosión, arrastre de sólidos. Los deslizamientos de tierra. Gran parte del área de la cuenca alta está afectada por la erosión en cárcavas, que constituyen el estado más avanzado de erosión. Las mismas se caracterizan por su profundidad que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material, en los taludes con pendiente alta, que conforman el perímetro de la cárcava. En el área dominan los suelos de clase VII

y VIII; son suelos no aptos para la producción comercial de cultivos, aunque sí para pastos, bosques y tierras de reservas (CATAPAN 2008).

- .. En el área de estudio no existe una buena canalización de aguas en caminos y en algunos sectores, no existen, lo cual trae como consecuencia que las aguas no tengan donde dirigirse, y puedan socavar el suelo y provocar deslizamientos.
- .. Asentamientos humanos en laderas o pendientes: existen en el área de estudio un gran número de viviendas construidas en zonas vulnerables a deslizamientos. Algunas de estas comunidades, como por ejemplo. Las Nubes, se encuentra ubicada en un área con pendientes casi verticales y presentan serias amenazas de colapso. La figura 9 muestra ejemplos de elementos vulnerables que incrementan el riesgo a deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.



Figura 8. Fotos del área de estudio donde se puede apreciar las prácticas inadecuadas de cultivos y asentamientos humanos en zonas de alto riesgo.

Indirectos:

- .. El cultivo intensivo en la cuenca agota el suelo y lo empobrece; no se realizan estudios exhaustivos del terreno, que puedan determinar el tipo de cultivo, su manejo y la forma más adecuada de preparar el suelo. Por el contrario, se usan prácticas

culturales inadecuadas como son: las siembras en surcos a favor de la pendiente, así como el método de preparación del suelo utilizando el implemento llamado rotovador o “tiller”. Esta herramienta pulveriza el suelo y produce compactación en la capa superficial. Cuando se producen las lluvias, el arrastre y pérdida de esta capa superficial de suelo es inevitable, lo que puede ocasionar deslizamientos. Estas actividades agropecuarias que alteran los usos del suelo provocan que en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo se desestabilicen los taludes y aumente el riesgo de deslizamientos.

•• Ausencia y falta de cumplimiento de las leyes

Todos estos factores directos e indirectos que incrementan el riesgo son debido a la falta de la aplicación de un ordenamiento territorial, las inadecuadas medidas de gestión ambiental y las insuficientes dotaciones de infraestructura de drenaje fluvial, doméstico o agropecuario e insuficientes sistemas de distribución de agua potable.

Las comunidades de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo colapsan bajo una lluvia de moderada intensidad. Las condiciones topográficas de las mismas (quebrado y entre cerros y terreno inconsistente), el cruce de ríos, la construcción de viviendas sin ninguna planificación, sin considerar ninguna medida de mitigación, el crecimiento de la pobreza y la intensa deforestación de su entorno, ubica a estas comunidades bajo serias amenazas a deslizamientos.

4.2 Evaluación de la vulnerabilidad global (Objetivo 2).

La estimación de la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos se realizó en las comunidades de Bambito-Nueva Suiza, Nuevo Bambito – Paso Ancho, Las Nubes, Cerro Punta Centro, Guadalupe-Entre Ríos, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo y presentan la mayor afectación histórica por deslizamientos e inundaciones.

4.2.1. Análisis de resultados de evaluación de la vulnerabilidad a inundaciones

a) Vulnerabilidad a inundaciones por comunidad utilizando el conjunto de indicadores

El cuadro 60 presenta los resultados de vulnerabilidad integral global a inundaciones en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, tanto para el caso en que se le da el mismo peso a cada indicador (anexo 4), como cuando se realizó la ponderación de los mismos, según se describe en la metodología.

Por lo expuesto anteriormente, es preciso analizar las vulnerabilidades estudiadas como un conjunto, en donde la vulnerabilidad resultante tanto para el caso de inundaciones y deslizamientos, será la que guíe para desarrollar estrategias y acciones en la prevención y mitigación de los problemas, amenazas o riesgo en la parte alta de la cuenca del río

Chiriquí Viejo. La figura 9 muestra la distribución espacial de las comunidades y el tipo de vulnerabilidad correspondiente a cada una de ellas.

Los resultados obtenidos de la evaluación de la vulnerabilidad integral, utilizando el mismo peso a cada indicador, por una parte, y luego de la ponderación de los mismos, por otra parte, muestran que no hubo cambios importantes en la magnitud de la vulnerabilidad, siendo en los dos casos una vulnerabilidad integral alta, como se muestra en el cuadro 60. Posiblemente esto se debe a que se dio una compensación entre tipos de vulnerabilidad que tenían un porcentaje o nivel promedio más bajo y que se le asignó un coeficiente de ponderación alto (por ejemplo vulnerabilidad física) y otros que tenían un nivel de vulnerabilidad más alto, pero el coeficiente de ponderación fue bajo (por ejemplo la vulnerabilidad cultural).

El hecho de que se valore cada indicador individualmente, de acuerdo a su influencia en la vulnerabilidad global, permite obtener un promedio de la vulnerabilidad global más exacto en comparación con el promedio obtenido sin ponderarlos, ya que en este último se les otorga un valor neto a los mismos, sin considerar su influencia en la vulnerabilidad global, aún cuando es evidente que unos son de más significativos que otros.

En las comunidades de Bambito, Nueva Suiza, Nuevo Bambito y Paso Ancho existen indicadores con bajo nivel de importancia o para su efecto, menos críticos, a los cuales los miembros de estas comunidades le asignaron el valor de 0, valor más bajo asignado, entre esos indicadores están: tipo de material de construcción, capacidad hidráulica de los puentes, organización comunal e institucional, infraestructura destinada a emergencia. Esto se debe que estas comunidades poseen buenas infraestructuras físicas y de cierta manera, una organización. Aunque en estas comunidades existen indicadores con menos criticidad, la mayoría de ellos presentan una vulnerabilidad media o mayor. En estas mismas comunidades existen indicadores que fueron valorados de alta criticidad como son: grado de degradación de la superficie por deforestación, sobrepastoreo, uso intensivo, erosión, porcentaje longitudinal de franja ribereña, porcentaje de centros de trabajo, comercios, etc.

En los últimos años estas comunidades han presentado problemas de inundación, por lo que es necesario que reciban una atención prioritaria e integral; la alta vulnerabilidad requiere que las autoridades del ramo asuman la responsabilidad y las acciones que les corresponde con los habitantes, para tomar las medidas de prevención y preparación, que permitan reducir esa vulnerabilidad y con ello, el riesgo de afectación por inundaciones en el futuro.

Cuadro 60. Vulnerabilidad integral (%) a inundaciones de las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.

VARIABLES	Vulnerabilidad	COMUNIDADES				
		Bambito, Nueva Suiza	Nuevo Bambito, Paso Ancho	Cerro Punta	Las Nubes	Guadalupe Entre Río
1. Asentamientos humanos en zonas de inundación	Física	100	100	100	100	75
2. Tipo de material de construcción	Física	0	0	25	50	25
3. Capacidad hidráulica de los puentes	Física	0	0	25	0	0
4. Condición de las viviendas ubicadas en las riberas	Física	100	100	100	100	100
5. Infraestructura destinada y acondicionada para emergencias	Física	100	0	0	75	50
6. Distancia de río o quebrada	Física	100	100	100	100	100
7. Accesibilidad a la comunidad	Física	50	0	50	50	0
8. Organización comunal e institucional	Social	0	75	0	0	0
9. Planes familiares de emergencia a inundaciones	Social	100	100	100	100	100
10. Planes grupales de emergencia a inundaciones	Social	100	100	100	100	50
11. Degradación de la superficie	Ecológica	100	75	100	100	100
12. Franjas ribereñas	Ecológica	100	100	100	100	100
13. Situación económica de las familias que viven en zonas de riesgo a inundación	Económica	75	100	75	75	75
14. Presupuesto asignado a los municipios y el estado a la prevención del riesgo de inundaciones.	Económica	75	100	100	100	100
15. Relevancia para los decisores del problema de inundaciones	Política	75	75	75	0	50
16. Aplicación de normativa que reduce el riesgo de inundaciones	Política	75	75	100	100	100
17. Percepción fatalista a inundaciones	Ideológica	100	100	100	50	50
18. Capacitación en gestión del riesgo a inundaciones	Educativa	50	50	50	50	75
19. Frecuencia de capacitación en inundaciones	Educativa	50	50	50	50	50
20. Tecnología de construcción en zonas de riesgo a inundaciones	Técnica	50	50	50	50	25
21. Técnicas y prácticas de uso de la tierra relacionadas con inundaciones	Técnica	100	100	100	100	100
22. Percepción del riesgo a inundaciones por la comunidad	Cultural	50	50	50	50	50
23. Integración intercomunal para prevención de inundaciones	Cultural	50	75	75	75	25

Vulnerabilidad promedio (no ponderada)	-----	69,5	68,5	70,6	68,5	60,9
Valoración de la vulnerabilidad no ponderada	-----	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Vulnerabilidad ponderada	-----	69,2	68,1	68,3	70,6	71,5
Valoración de la vulnerabilidad ponderada	-----	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta

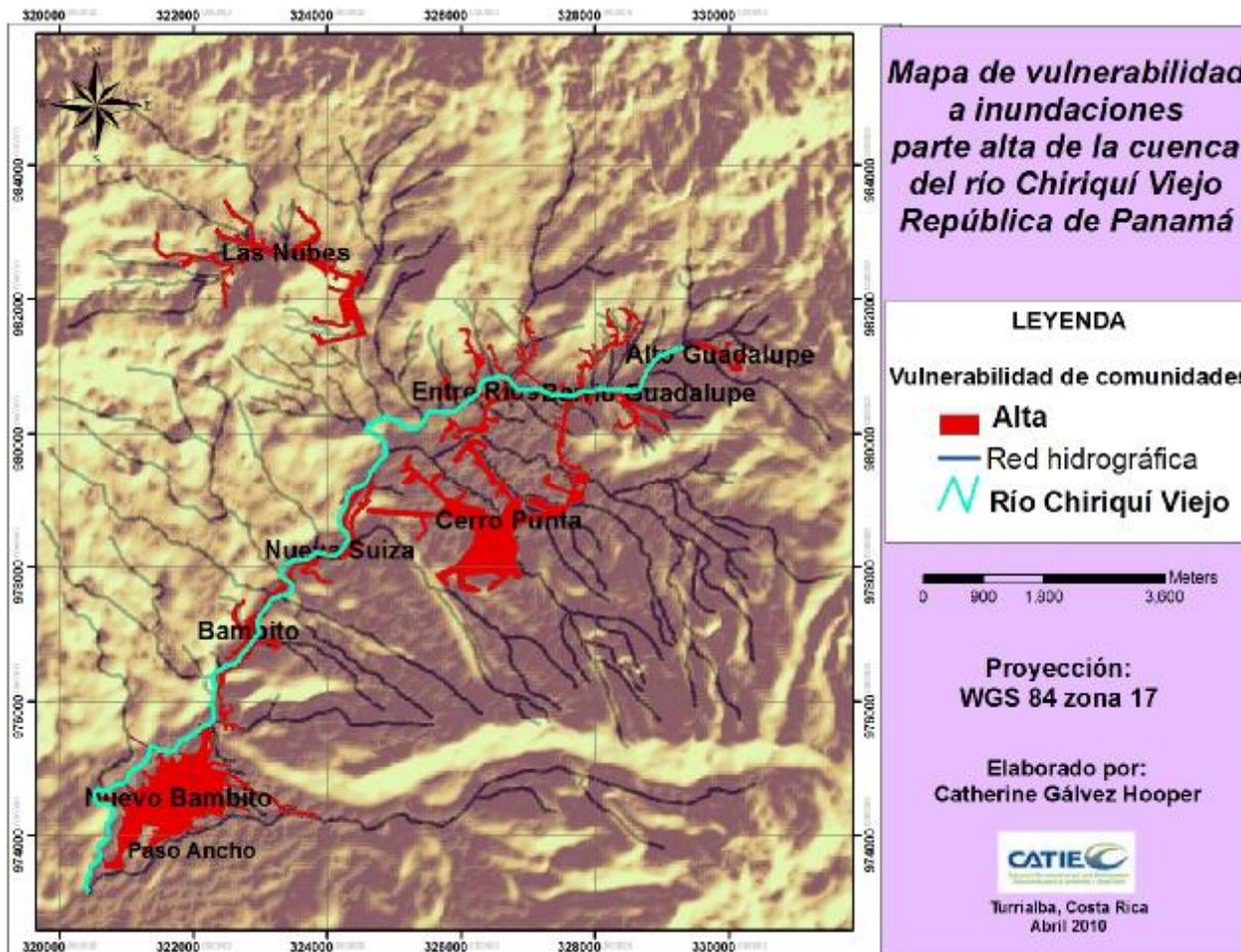


Figura 9. Mapa de la ubicación de las comunidades en la cuenca alta del río Chiriquí y la vulnerabilidad correspondiente a cada una de ellas. (en todo los casos es alta).

b) Vulnerabilidad a inundaciones por comunidad y por tipo de vulnerabilidad

Los cuadros 61 y 62 y las figuras 10, 11 y 12 presentan los resultados de vulnerabilidad por comunidad y por tipo de vulnerabilidad, tanto para el caso los valores simples, como para el caso que se hizo una ponderación relativa de los mismos, según el tipo de vulnerabilidad y cuyos valores se indican en la metodología.

Cuadro 61. Vulnerabilidad a inundaciones (%) por comunidad y por tipo de vulnerabilidad en la parta alta de la subcuenca del río Chiriquí Viejo

Comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	Media	Caracterización Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	64,3	91,8	100	87,5	75,0	100	50,0	75,0	50	77,1	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	42,8	91,8	87,5	100	87,5	100	50,0	75,0	62,5	77,0	Alta
Cerro Punta Centro	57	75,0	100	87,5	87,5	100	50,0	75,0	62,5	77,2	Alta
Las Nubes	64,3	75,0	100	87,5	50,0	50,0	50,0	75,0	62,5	68,2	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	50,0	58,3	100	87,5	75,0	50,0	62,5	62,5	37,5	65,0	Alta
Media	56,0	85,0	98,0	90,0	75,0	80,0	53,0	73,0	60,0	74,0	-----
Caracterización	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Muy alta	Media	Alta	Alta	Alta	-----

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

Cuadro 62. Vulnerabilidad a inundaciones (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad.

Comunidad	V. Global (%)	Caracterización Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	79,8	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	77,8	Alta
Cerro Punta Centro	78,8	Alta
Las Nubes	73,8	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	71,0	Alta
Media	76,0	Alta

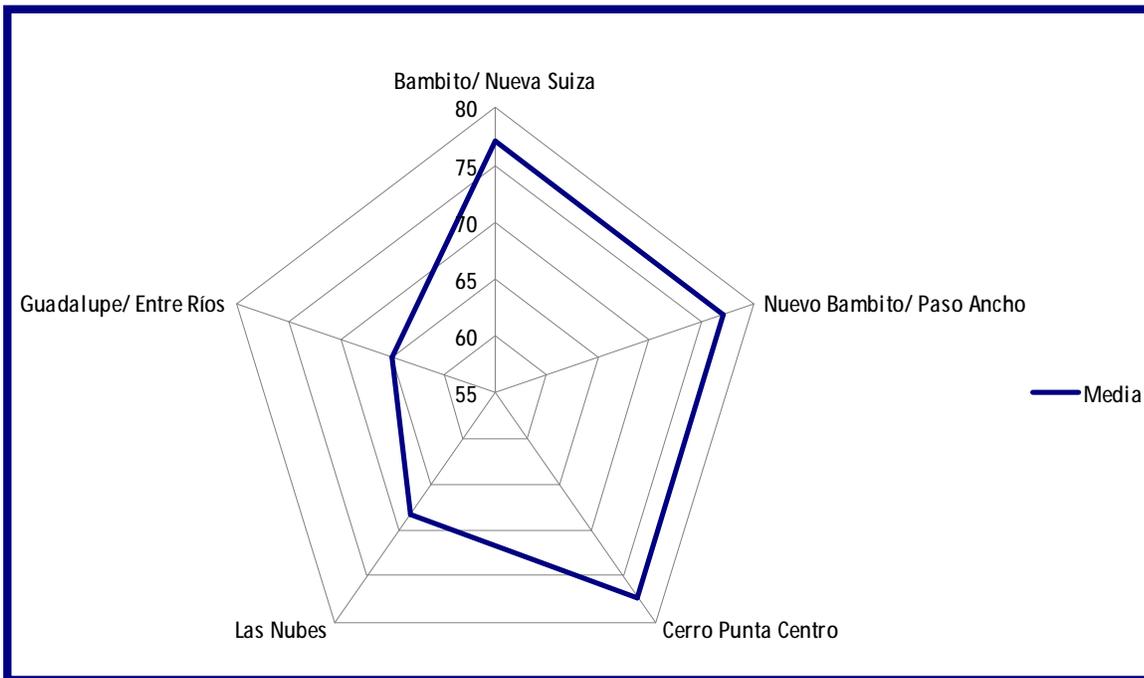


Figura 10. Vulnerabilidad a inundaciones (%) por comunidad.

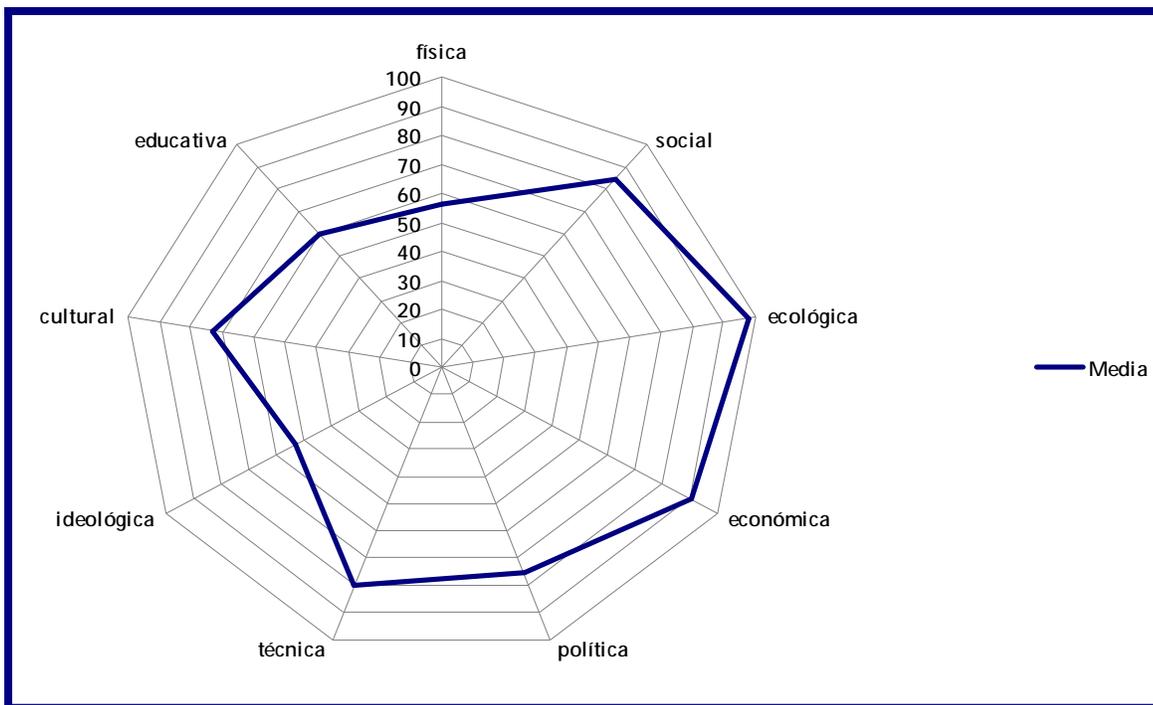


Figura 11. Vulnerabilidad a inundaciones (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad.

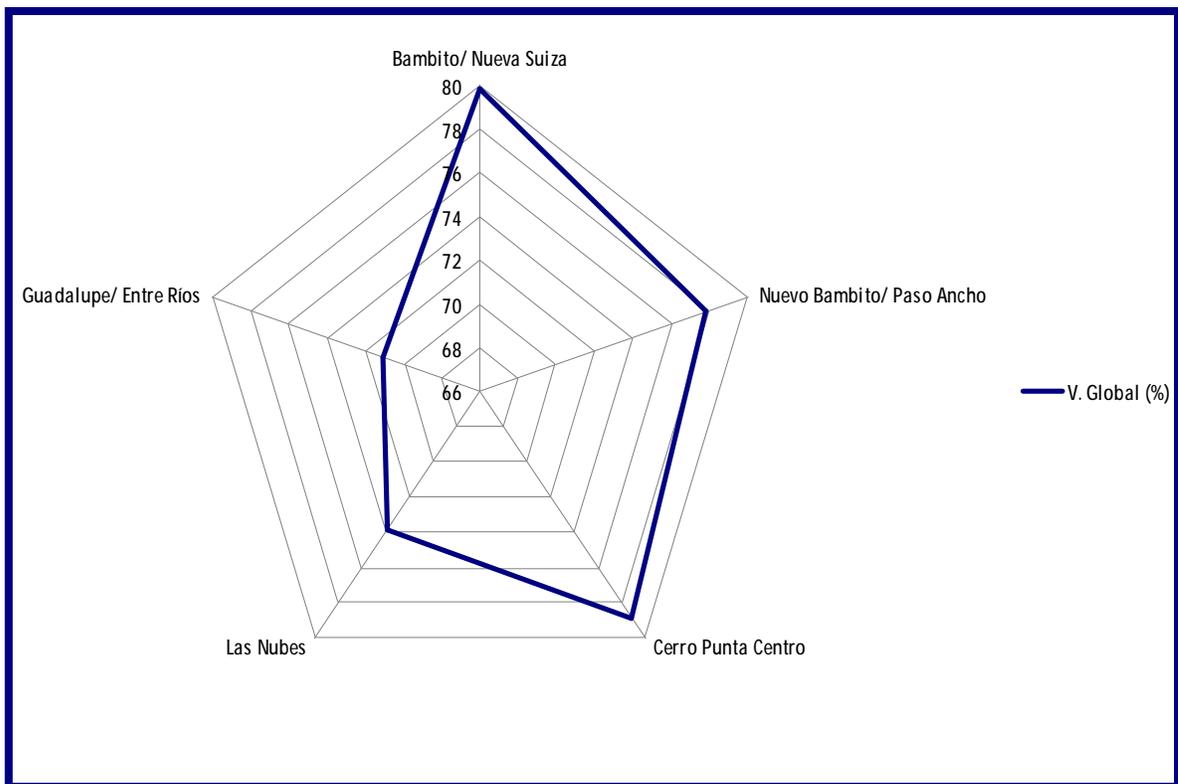


Figura 12. Vulnerabilidad a inundaciones por tipo de vulnerabilidad

En cuanto a los resultados por tipo de vulnerabilidad, como se observa en el cuadro 61, la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo presenta una vulnerabilidad ecológica muy alta, de acuerdo a su caracterización, con una media del 98%. Los indicadores que se tomaron en cuenta fueron: degradación de la superficie por el grado de deforestación, erosión y distancia de la franja ribereña. En cuanto a estos indicadores se le asignó un valor de acuerdo a la clasificación de 4 (muy alto), ya que en la actualidad el sobrepastoreo, el alto grado de deforestación, la erosión del suelo producto de las inadecuadas prácticas agropecuarias y la carencia de franja ribereña en ambos lados del río, han provocado que en la zona exista una alta vulnerabilidad a inundaciones. La figura 13 muestra ejemplos del nivel de vulnerabilidad ecológica que existe en la zona de estudio.



Figura 13. Fotos del área de estudio donde se muestra el grado de degradación de la superficie y la falta de franja ribereña.

Por los motivos antes expuestos, es esencial que la vulnerabilidad ecológica reciba una atención prioritaria y que se realice un análisis de relación causa – efecto e interacciones entre indicadores de las diferentes tipos de vulnerabilidad para apoyar y fundamentar la toma de decisiones, dando prioridad a los factores que causa o tienen una interacción muy fuerte con otros en la generación de la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad económica, resultó también muy alta. En estas comunidades el empleo informal, producto de las actividades agropecuarias, es la principal fuente de ingresos, el nivel de pobreza es elevado, ya que una parte de la población es de origen indígena, la cual se dedica más que todo al trabajo de campo, en la temporada de siembra y cosecha, como única entrada de recursos a las familias. Ellas son más vulnerables a las inundaciones, ya que no tienen capacidad de responder ante esta amenaza. La población económicamente activa la constituyen unas pocas familias que se dedican al sector servicios y derivados producto del turismo.

Los resultados de la vulnerabilidad social resultó muy alta con un 85%, lo que sugiere que los aspectos sociales, como son la organización y el trabajo equipo tienen una debilidad, por lo que se debe propiciar más participación por parte de los pobladores y mejor organización en las comunidades. 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 técnica presentó un valor muy alto (80%) debido a que las infraestructuras no cuenta con técnicas adecuadas de construcción en zonas de riesgos de

inundaciones. La falta de canalización del río en el sector de Las Nubes y de protección (gaviones), por ejemplo, en el sector de Bambito es una prueba de la debilidad técnica que existe en estas comunidades. El indicador número de prácticas de uso de la tierra que favorecen las inundaciones resultó alto para todas las comunidades, debido a las malas prácticas por falta de asistencia técnica en el uso de la tierra.

La vulnerabilidad educativa resultó alta (74%) porque la mayoría de la población no ha recibido capacitación ambiental y de prevención de riesgos y desastres. Los productores de las comunidades no reciben capacitaciones en conservación de suelos, reforestación y manejo de los cauces de los ríos. Para el indicador porcentaje de la población que vive en zona de riesgo a inundaciones que ha recibido capacitación en ese tema, la valoración en todas las comunidades fue alta, lo que indica que es necesario que se tomen acciones para capacitar a las poblaciones.

La vulnerabilidad política resultó alta (75%), por el poco compromiso por parte de los gobiernos municipales para mitigar los riesgos a inundaciones, no destinar fondos para la prevención de las inundaciones y por la falta de aplicación de las normativas ambientales. Actualmente el gobierno central y el municipio de Bugaba no han destinado fondos para la prevención y mitigación del riesgo a desastres.

La falta de integración comunal y organización se vio reflejada en el resultado de la vulnerabilidad cultural, que fue alta (73%) para todas las comunidades. También los pobladores no perciben como una situación importante el riesgo a inundaciones. Los miembros de las comunidades solo se preocupan cuando el riesgo a inundaciones es eminente. En cuanto al indicador integración intercomunal para prevención de inundaciones, el 80-100% de sus pobladores manifestaron su disponibilidad de ejecutar acciones de mitigación del riesgo a inundaciones en la zona.

La vulnerabilidad ideológica resultó ser la más baja de acuerdo a los indicadores evaluados, con una vulnerabilidad media (53%) para todas las comunidades, lo cual indica que ante la amenaza y presencia de las inundaciones no surge la percepción fatalista, ni creen que ocurren por castigo divino, sino porque tienen que ocurrir, debido al riesgo que presenta la zona de estudio.

Finalmente la vulnerabilidad física resultó con valoración media (56%), influenciando porque hay viviendas en el área construidas en las planicies de inundación y por lo tanto están en riesgo (figura 14) y requieren de atención especial al momento de presentarse un evento de lluvia extrema que pueda provocar inundaciones. Las comunidades de Bambito, Nueva Suiza y las Nubes fueron las que mayor vulnerabilidad presentaron. La mayor parte de las viviendas en estas comunidades están construidas de madera y zinc. En cuanto al tipo de materiales de construcción de los puentes, casi en su totalidad están elaborados de

hormigón y su capacidad hidráulica es buena, los accesos de comunicación en casi todas las comunidades es buena y están accesibles la mayor parte del año, a excepción cuando ocurren las inundaciones



Figura 14. Fotos del área de estudio donde se muestra viviendas construidas en la planicie de inundación.

El cuadro 62, muestra que la comunidad de Bambito presenta la más alta vulnerabilidad global ponderada con un 79,8%, debido, principalmente, a la falta de obras destinadas a la reducción del riesgo en esta zona: Construcción de diques o gaviones y canalización del río (figura 15). Cabe destacar que históricamente esta comunidad ha presentado graves problemas de inundación.



Figura 15 Foto del sector de Bambito, donde se muestra la falta de obras destinadas a la reducción del riesgo.

Los resultados de la vulnerabilidad global media a inundaciones por comunidad, utilizando las dos opciones ponderada y sin ponderar, tuvo valores muy similares (74 y 76%), respectivamente, correspondiente, según la caracterización, a una vulnerabilidad alta a

inundaciones para la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, y se requiere la aplicación efectiva de medidas correctivas y preventivas para poder reducir esta vulnerabilidad.

4.2.2. Análisis de resultados de evaluación de la vulnerabilidad a deslizamientos

a) Vulnerabilidad a deslizamientos por comunidad, utilizando el conjunto de indicadores

El cuadro 63 presenta los resultados de vulnerabilidad integral a deslizamientos en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, tanto para el caso en que se le da el mismo peso a cada indicador, como cuando se realizó la ponderación de los mismos, según se describe en la metodología. La figura 16 muestra la distribución espacial de las comunidades y el tipo de vulnerabilidad correspondiente a cada una de ellas. Las figuras 17 y 18 muestran los resultados por comunidad y por tipo de vulnerabilidad y la figura 19 por comunidades, pero luego de la ponderación por el tipo de vulnerabilidad.

Para el análisis de la vulnerabilidad integral a deslizamientos se evaluaron 22 indicadores, entre ellos están: asentamientos humanos en laderas, condición de las viviendas, degradación de la superficie y distancia a zonas de deslizamientos.

Los resultados que indican que las comunidades de Bambito- Nueva Suiza, Cerro Punta, Las Nubes y Guadalupe-Entre Ríos presentan vulnerabilidad alta. Las comunidades de Nuevo Bambito y Paso Ancho resultaron con una vulnerabilidad media, con un porcentaje del 51,1% (no ponderada) y un 46,9% (ponderada), lo cual se explica, porque las mismas están alejadas de las zonas de deslizamientos. Como se observa en el cuadro 63, los resultados de la vulnerabilidad integral ponderada y no ponderada no tienen mayor diferencia entre sí, lo cual se debe a la misma razón explicada para el caso de las inundaciones.

En los últimos años los deslizamientos han cobrado vidas humanas y el deterioro de la economía. Esto sugiere que por parte del municipio, gobierno e instituciones el tema de los deslizamientos no es un tema relevante, ya que no se toman medidas correctivas para evitar o reducir el riesgo; solo cuando se presentan los deslizamientos es que las autoridades abordan el tema.

La vulnerabilidad ponderada es otra opción para evaluar la vulnerabilidad, se realiza a fin de darle un peso mayor a los que se consideran más importantes o críticos, según el tipo de amenaza para el cual se están realizando el análisis.

Cuadro 63. Vulnerabilidad integral (%) a deslizamientos de las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.

VARIABLES	Vulnerabilidad	Bambito, Nueva Suiza	Nuevo Bambito, Paso Ancho	Cerro Punta	Las Nubes	Guadalupe-Entre Río
1. Asentamientos humanos en laderas	Física	100	0	100	75	100
2. Tipo de material de construcción (puentes, diques)	Física	0	0	0	50	25
3. Capacidad hidráulica de los puentes	Física	0	0	0	0	0
4. Condición de las viviendas ubicadas en zonas de deslizamientos	Física	100	100	100	100	50
5. Infraestructura destinada y acondicionada para emergencias	Física	100	0	0	100	50
6. Distancia a zona de deslizamientos	Física	100	0	100	100	100
7. Accesibilidad a la comunidad	Física	50	0	50	50	0
8. Organización comunal e institucional	Social	0	75	0	0	0
9. Planes familiares de emergencia a deslizamientos	Social	100	100	100	100	100
10. Planes grupales de emergencia a deslizamientos	Social	100	100	100	100	100
11. Degradación de la superficie	Ecológica	100	100	100	100	100
12. Situación económica de familias que viven en zonas de riesgo a deslizamientos	Ecológica	75	100	75	75	75
13. Presupuesto asignado a los municipios y el estado a la prevención del riesgo de deslizamientos	Económica	75	100	100	100	100
14. Relevancia para los decisores de la problemática de deslizamientos	Política	25	100	100	100	100
15. Aplicación de normativa que reduce el riesgo a deslizamientos	Política	100	75	100	75	75
16. Percepción fatalista a deslizamientos	Ideológica	100	50	100	50	50
17. Capacitación en gestión del riesgo a deslizamientos	Educativa	50	50	50	50	50
18. Frecuencia de capacitación en deslizamientos	Educativa	100	0	100	100	100
19. Tecnología de construcción en zonas de riesgo a deslizamientos	Técnica	50	50	50	50	50

20. Técnicas y prácticas de uso de la tierra relacionadas con deslizamientos	Técnica	100	50	100	100	100
21. Percepción del riesgo a deslizamientos por la comunidad	Cultural	50	25	75	50	50
22. Integración intercomunal para prevención de deslizamientos	Cultural	0	50	25	0	0
Vulnerabilidad promedio (no ponderada)		67,0	51,1	69,3	69,3	62,5
Valoración de la vulnerabilidad no ponderada		Alta	Media	Alta	Alta	Alta
Vulnerabilidad ponderada %		63,4	46,9	65,0	69,0	63,8
Valoración de la vulnerabilidad ponderada		Alta	Media	Alta	Alta	Alta

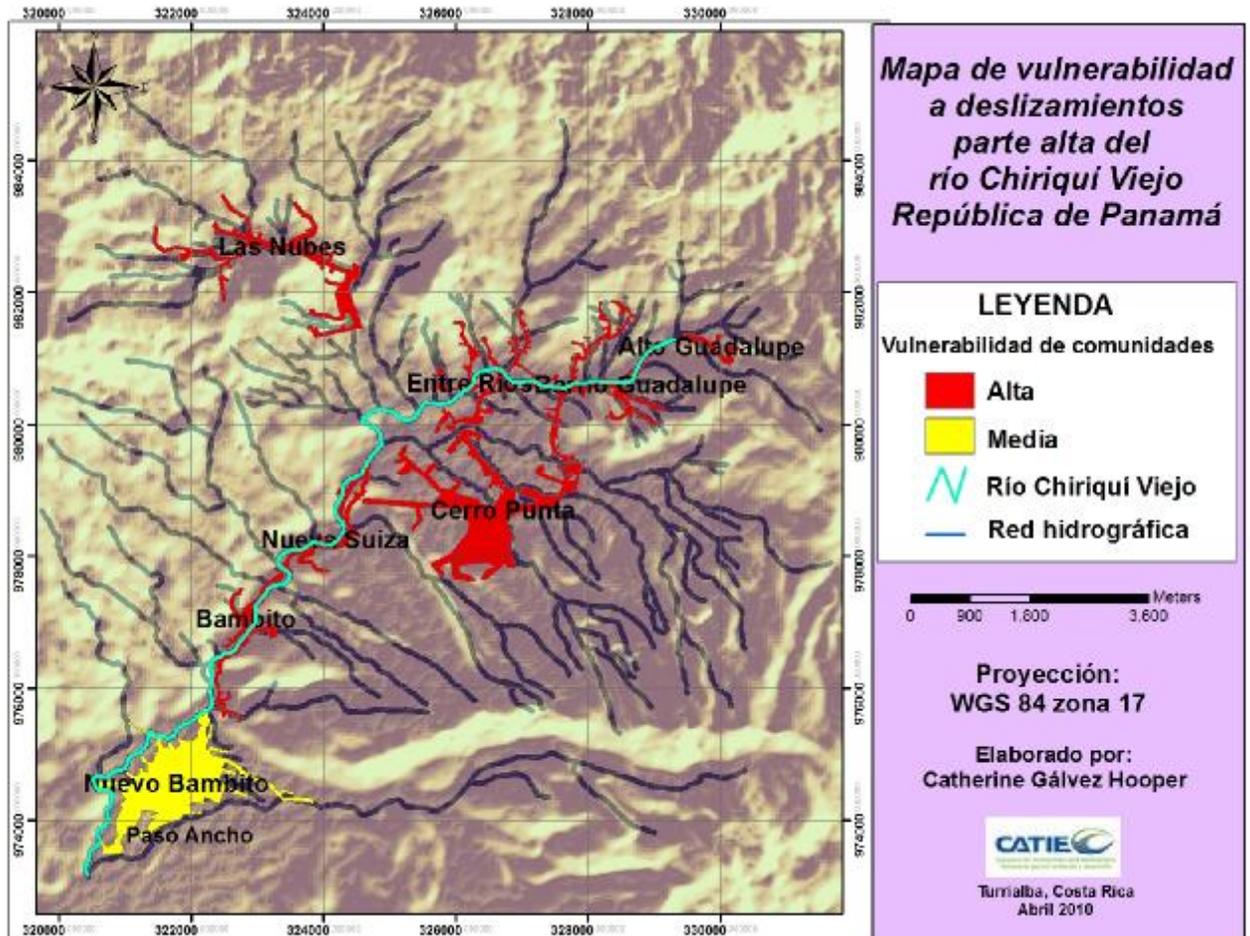


Figura 16. Mapa de la ubicación de las comunidades en la cuenca alta del río Chiriquí y la vulnerabilidad a deslizamientos, correspondiente a cada una de ellas.

b) Vulnerabilidad a deslizamientos por comunidad y por tipo de vulnerabilidad

El cuadro 64 presenta los resultados de vulnerabilidad por comunidad y por tipo de vulnerabilidad, mientras que el cuadro 65 muestra la vulnerabilidad por comunidad, ponderada por el tipo de vulnerabilidad.

Cuadro 64. Vulnerabilidad a deslizamientos (%) por comunidad y por tipo de vulnerabilidad en la parta alta de la subcuenca del río Chiriquí Viejo

Comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V. Global	Caracterización Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	64,3	66,8	100	75,0	62,5	100	25,0	75,0	25,0	66,0	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	14,3	66,8	100	100	87,5	50,0	25,0	50,0	37,5	59,0	Media
Cerro Punta	50,0	66,8	100	87,5	100	100	75,0	75,0	50,0	78,2	Alta
Las Nubes	67,8	66,8	100	87,5	87,5	50,0	75,0	75,0	25,0	70,5	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	46,5	66,8	100	87,5	87,5	50,0	75,0	75,0	25,0	68,0	Alta
Media	48,5	88,5	100	87,5	85,0	70,0	55,0	70,0	32,5	71,0	_____
Caracterización	Media	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media	Alta	Baja	Alta	-----

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

Cuadro 65. Resultados de la vulnerabilidad a deslizamientos (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad

Comunidad	V. Global (%)	Caracterización de la Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	70,50	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	64,8	Alta
Cerro Punta	80	Alta
Las Nubes	77,8	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	74,5	Alta
Media	74	Alta

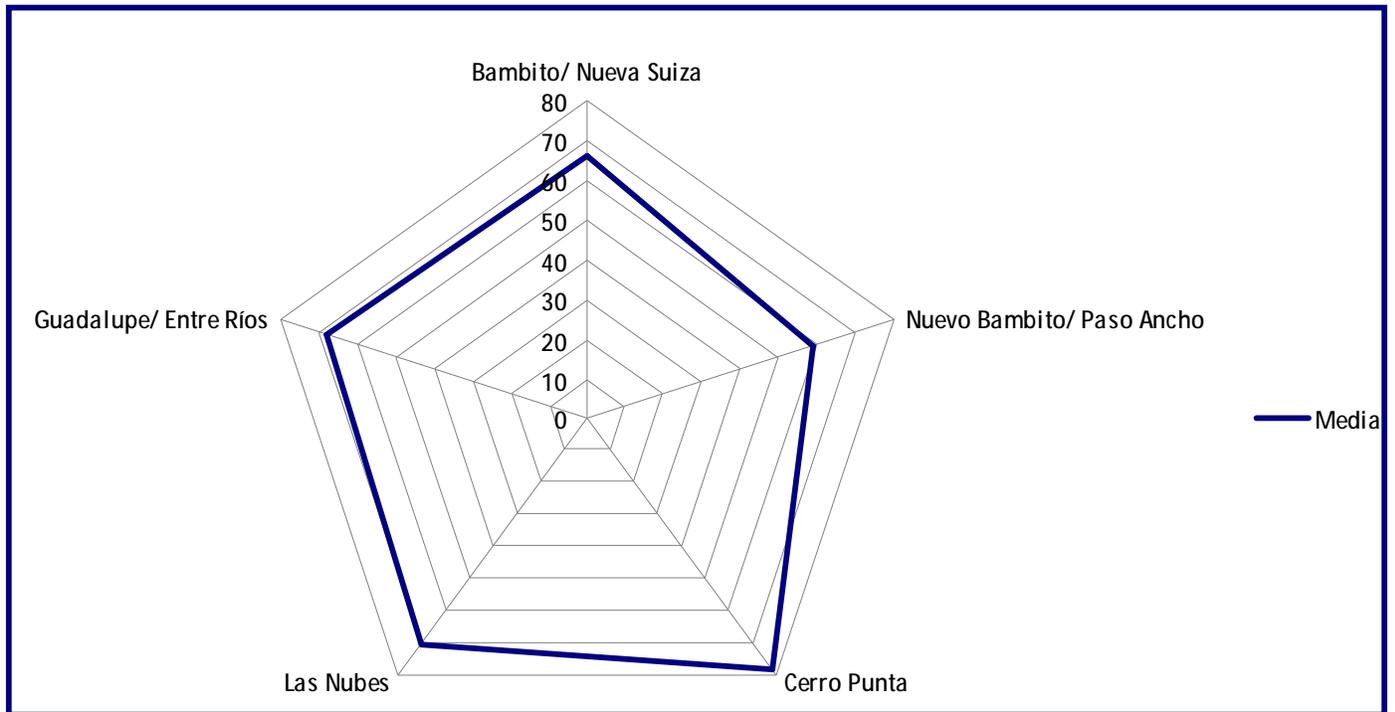


Figura 17. Vulnerabilidad a deslizamientos (%) por comunidad

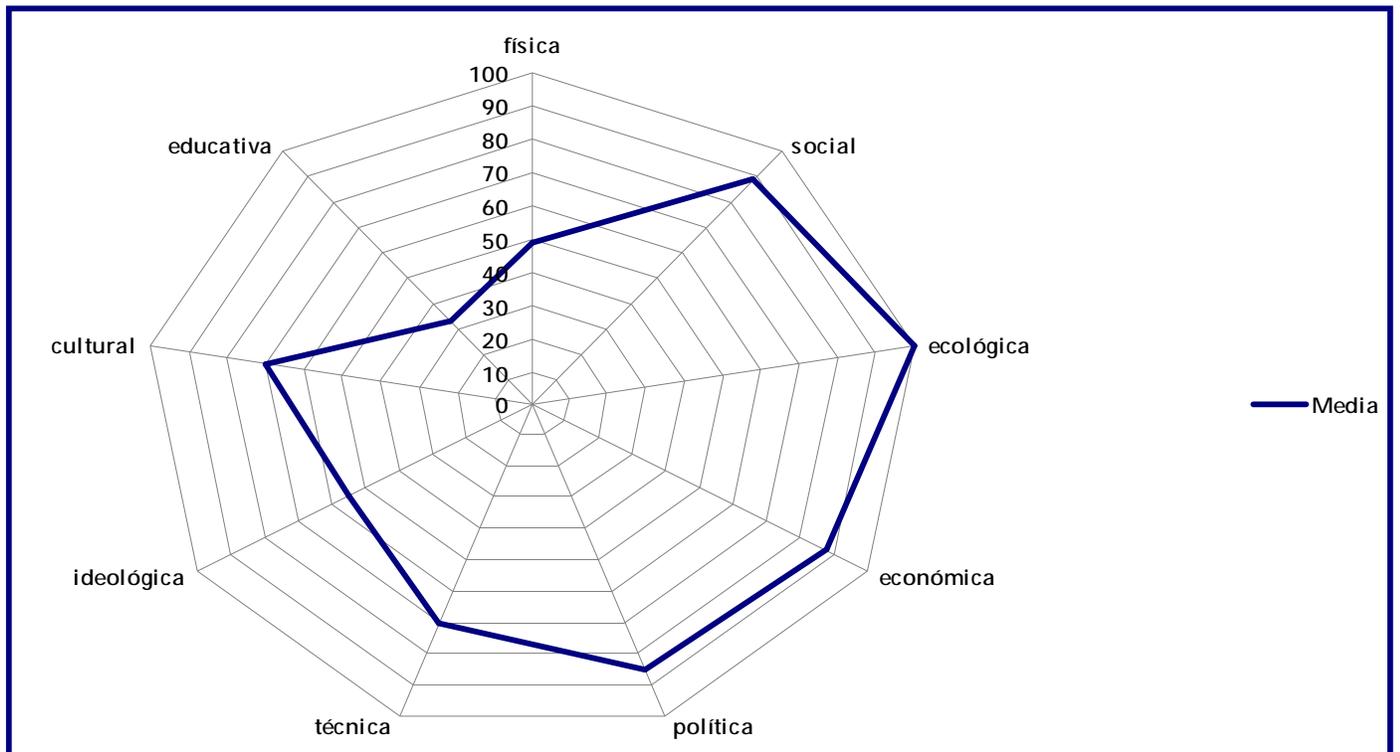


Figura 18. Vulnerabilidad a deslizamientos por tipo de vulnerabilidad.

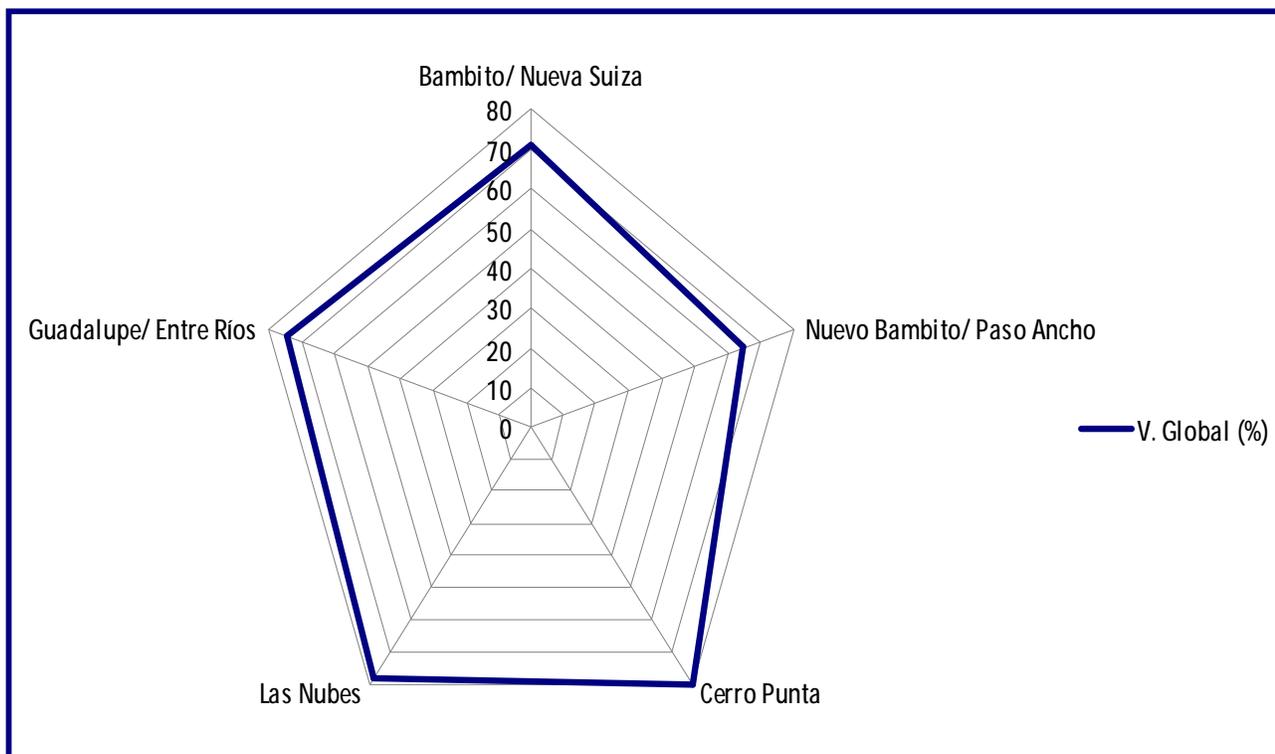


Figura 19. Vulnerabilidad a deslizamientos (%) en las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, ponderada por el tipo de vulnerabilidad.

En los cuadro 64 y las figuras 18 y 19 se presentó un resumen de los resultados, donde se detalla la vulnerabilidad por tipo y por comunidad; como se puede observar, las comunidades presentan una muy alta vulnerabilidad ecológica, económica y política debido a los mismos problemas o factores mencionados para la vulnerabilidad a inundaciones.

Para la evaluación de la vulnerabilidad ecológica, se tomó en cuenta la variable degradación de la superficie, lo que ocasiona la erosión (formación de cárcavas) en esta parte de la cuenca, dando como resultado la interacción entre el tipo de suelo (no apto), la pendiente y el tipo de manejo del suelo y del cultivo. Aunado a esto, la deforestación, por ejemplo en las comunidades de Cerro Punta, Las Nubes ha aumentado, producto de la actividad agrícola, que ha dejado al descubierto el suelo, aumentando de esta manera la escorrentía superficial, lo que ocasiona la aceleración de los movimientos de masas (figura 20).



Figura 20. Donde se muestra el grado de deforestación de la comunidad de Las Nubes producto de la actividad agrícola.

La vulnerabilidad económica es de las más importantes y de mayor peso en la zona, ya que influye directamente sobre los otros tipos. Este tipo de vulnerabilidad depende básicamente de la ocupación de las familias. Uno de los indicadores evaluados fue la situación económica de las familias que viven en zonas de riesgo de deslizamientos, dando un alto valor, como se muestra en el cuadro 66. Es importante mencionar que las familias no poseen ingresos fijos mensuales, más del 80% reportan ingresos promedios mensuales inferiores a 200 dólares, los cuales obtiene en época de cosecha, siembra o derivados producto de la actividad agrícola en la zona.

Cuadro 66. Resumen de la vulnerabilidad económica a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	3	3	3	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	4	4	4	Muy alta
Cerro Punta	3	4	3.5	Alta
Las Nubes	3	4	3.5	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	3	4	3.5	Alta

La vulnerabilidad política refleja la falta de apoyo que pueda estar teniendo o puede tener la zona por parte de entes estatales; de igual forma, refleja el poco nivel de participación y organización por parte de los pobladores de estas comunidades en el tema de los deslizamientos y los riesgo que ello implica. Una de las variables evaluadas fue la

aplicación de normativa que reduce riesgo de deslizamientos, cuyo indicador fue el grado de cumplimiento de las normativas ambientales, dándole un valor de acuerdo a la clasificación de 4, lo cual la sitúa dentro de calificación de muy alta, para cada una de las comunidades evaluadas en este estudio.

Estos resultados indican que la amenaza de los deslizamientos se debe más a problemas relacionados con la economía de los pobladores, al deterioro ambiental por malas prácticas y técnicas agropecuarias, como también a la falta de aplicación de las normativas y falta de compromiso de los gobiernos municipales y estatales, al no destinar fondos para la prevención y mitigación de los deslizamientos. Se puede señalar que la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos están relacionadas entre sí. El 90% de las pérdidas por deslizamientos e inundaciones son evitables, si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control (Suárez 2001).

La vulnerabilidad global a deslizamientos dio como resultado que las comunidades que participaron en el estudio son altamente vulnerables (71%), siendo la comunidad de Cerro Punta Centro la que presenta más vulnerabilidad con un 78,2%, debido a los deslizamientos que se producen en esta área están asociados a la topografía del terreno, al mal manejo de los desagües en las parcelas de cultivos en laderas y las constantes lluvias que se registran.

Las comunidades de Nuevo Bambito y Paso Ancho fueron las que más bajo porcentaje obtuvieron con un 59%. Es importante señalar que debido a su ubicación geográfica, estas comunidades son las que se ven menos afectadas por deslizamientos, resultando una vulnerabilidad media. Por ejemplo, para la evaluación de la vulnerabilidad cultural se utilizaron indicadores como el porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo y porcentaje de la comunidad que no percibe como una situación importante, el riesgo a deslizamientos a estos indicadores, se les asignó un valor bajo, de (0 y 2), respectivamente, los cuales indican que la población de estas comunidades está dispuesta a trabajar en equipo y que sí perciben como una situación importante el riesgo a deslizamientos. De manera similar, la vulnerabilidad ideológica presentó un valor medio en estas comunidades. El indicador porcentaje de la población que considera que los deslizamientos ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente tienen que ocurrir, dio como resultado un valor de 2, que de acuerdo a la escala de calificación es un valor medio. Este resultado sugiere que el 50% de la población cree que los deslizamientos ocurren debido a la fuerza de la naturaleza. Las vulnerabilidades que más altos valores obtuvieron fueron la ecológica y la económica con un valor máximo otorgado de 4 (100%). En términos generales, las comunidades donde se realizó la evaluación que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo mostraron una vulnerabilidad global alta.

Existe otro tipo posible de ponderación, la cual es dar diferente peso a cada indicador dentro de cada tipo de vulnerabilidad, lo que hace más preciso el análisis. La misma determinó que todas las comunidades presentan una vulnerabilidad alta, siendo también la comunidad de Cerro Punta Centro, la que presentó el valor más elevado.

Es necesario que el Municipio de Bugaba y el gobierno central presten más atención a las comunidades evaluadas y que tengan la capacidad de abordar el tema del manejo integral de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo. La planificación del uso del uso y de las técnicas de cultivos que se practican en estas áreas, tiene que cambiar, para evitar que los sistemas ecológicos sufran más daños y así poder evitar los efectos futuros de inundaciones y deslizamientos. Burton *et al* (1984), indica que los riesgos son todos aquellos elementos del ambiente físico nocivos para el hombre y causados por fuerzas ajena a él.

Las autoridades deben de implementar medidas de mitigación en las comunidades que viven en las áreas potenciales de ocurrencia de inundaciones y deslizamientos en la zona de estudio para bajar los riesgos, como por ejemplo: diseñar buenos sistemas de drenaje superficial en las áreas dedicadas a viviendas, actividades agropecuarias, carreteras y vías de acceso a las diferentes comunidades; construir estructuras de contención en las zonas de amenaza alta y de mayor vulnerabilidad; realizar cambios en los usos del suelo en las zonas con amenaza alta.

El principal problema en la zona de estudio es el nivel de pobreza; al no existir trabajos permanentes, los moradores tienen que ver cómo hacen para suplir sus necesidades, lo cual lleva un problema fundamental que es el uso inadecuado del suelo y de los recursos naturales, por la ausencia de políticas y normas, destinadas a la gestión del riesgo, por la falta de inversión para preparación, prevención y mitigación de las inundaciones y deslizamientos. Según Naciones Unidas (2005) la prevención de un desastre es realizar, por anticipado, actividades para reducir la amenaza o vulnerabilidad identificadas, mediante la intervención respecto de uno o más factores que las constituyen.

La prevención del riesgo por reducción de vulnerabilidad se logra cuando se actúa sobre las cinco áreas que la componen (Foschiatti 2006), como lo muestra la figura 21.



Figura 21. Las cinco áreas para reducir la vulnerabilidad y reducir el riesgo. (Foschiatti 2006)

Parra (2004), por medio de su investigación determinó la vulnerabilidad a deslizamiento en el distrito de Orosí, cantón del Paraíso, Provincia de Cartago, Costa Rica. Obteniendo como resultado que la comunidad Alto Araya obtuvo la mayor vulnerabilidad a deslizamientos, mientras que Purisil la menor vulnerabilidad a deslizamientos.

Salgado (2005), en su análisis integral del riesgo a inundaciones y deslizamiento, determinó la vulnerabilidad obteniendo como resultado los resultados del análisis 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.

Cabe señalar, que al igual que la presente investigación, los anteriormente consideraron, han considerado para la estimación de la vulnerabilidad una serie de indicadores, de acuerdo a la realidad de cada región, pero aún cuando algunos consideran indicadores diferentes a los aquí propuestos para la estimación de la vulnerabilidad, se puede notar que en la mayoría se evaluaron indicadores similares, por ejemplo para medir la **vulnerabilidad física** siempre se considera la ubicación de las viviendas presentes en la zona de estudio, ya que es importante distinguir que una vivienda ubicada en ladera es mucho más vulnerable que aquella que no está ubicada en zonas de ladera (Cáceres 2001, Buch 2001, Reyes 2003, Parra 2004 y Salgado 2005) otro indicador usualmente utilizado es la accesibilidad.

Para la **vulnerabilidad social**, algunos de los indicadores usados son el nivel de organización comunal existente en las zonas de estudio (Meléndez 2001, Rivera 2002 y Reyes 2003, Parra 2004 y Salgado 2005) así como la existencia de servicios básicos como

salud, educación, etc. (Meléndez 2001, Buch 2001, Cáceres 2001, Reyes 2003, Parra 2004 y Salgado 2005).

Respecto a la **vulnerabilidad económica** uno de los indicadores tomados en cuenta es el ingreso per cápita de los pobladores (Meléndez 2001, Buch 2001, Cáceres 2001, Reyes 2003, Parra 2004 y Salgado 2005).

Menos nivel de vulnerabilidad dará más seguridad a una población de que es capaz de absorber el impacto de un hecho natural, sin que este se convierta en un desastre. La CEPAL (2002) señala en su informe anual que la incapacidad de respuesta de las comunidades se vincula a tres aspectos: a) el aprovechamiento de los recursos disponibles, b) las estrategias para hacerle frente al cambio, c) el sostén de las organizaciones.

La figura 22 muestra imágenes del taller con actores claves de las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, para evaluar la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos.



Figura 22. Taller realizado con actores claves de las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, para evaluar la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la zona de estudio.

4.3 Determinación de zonas críticas a inundaciones (Objetivo 3)

La determinación se realizó con base en dos metodologías complementarias: el mapeo comunitario y el uso de del modelo de simulación “Floodarea”. A continuación se presentan los resultados de ambos procedimientos.

4.3.1. Evaluación del mapeo comunitario

Este instrumento metodológico se utilizó para obtener la información de amenaza a inundaciones actualizada de las comunidades. En el año 2008, se realizaron los mapas de riesgos a inundaciones, los cuales fueron promovidos por organizaciones como USAID, FUNDICEP y SINAPROC. Es importante señalar que dichos mapas fueron confeccionados

por miembros de las diferentes comunidades, antes del mes de noviembre del mismo año, fecha en el cual ocurrieron unas de las peores inundaciones en la zona de estudio.

Con base en estos mapas se realizó una actualización de los mismos, para reconocer, junto con los informantes claves de las comunidades, las diferentes áreas de riesgo a inundaciones. Cabe destacar que la valiosa e importante información contenida en estos mapas, es la percepción local que tienen los informantes claves sobre el riesgo que existe en la zona de estudio.

En el taller se debatió sobre la importancia de la participación de los miembros de las diferentes comunidades en la zona de estudio, quienes no solo conocían de los riesgos a los cuales se enfrentaban, sino que realizaron aportes, como la identificación de otros problemas que se presentan en estas comunidades. En las figuras 23, 24, 25, 26 y 27 se presentan los mapas elaborados en cada una de las comunidades, así como un breve detalle de cada uno de ellos.

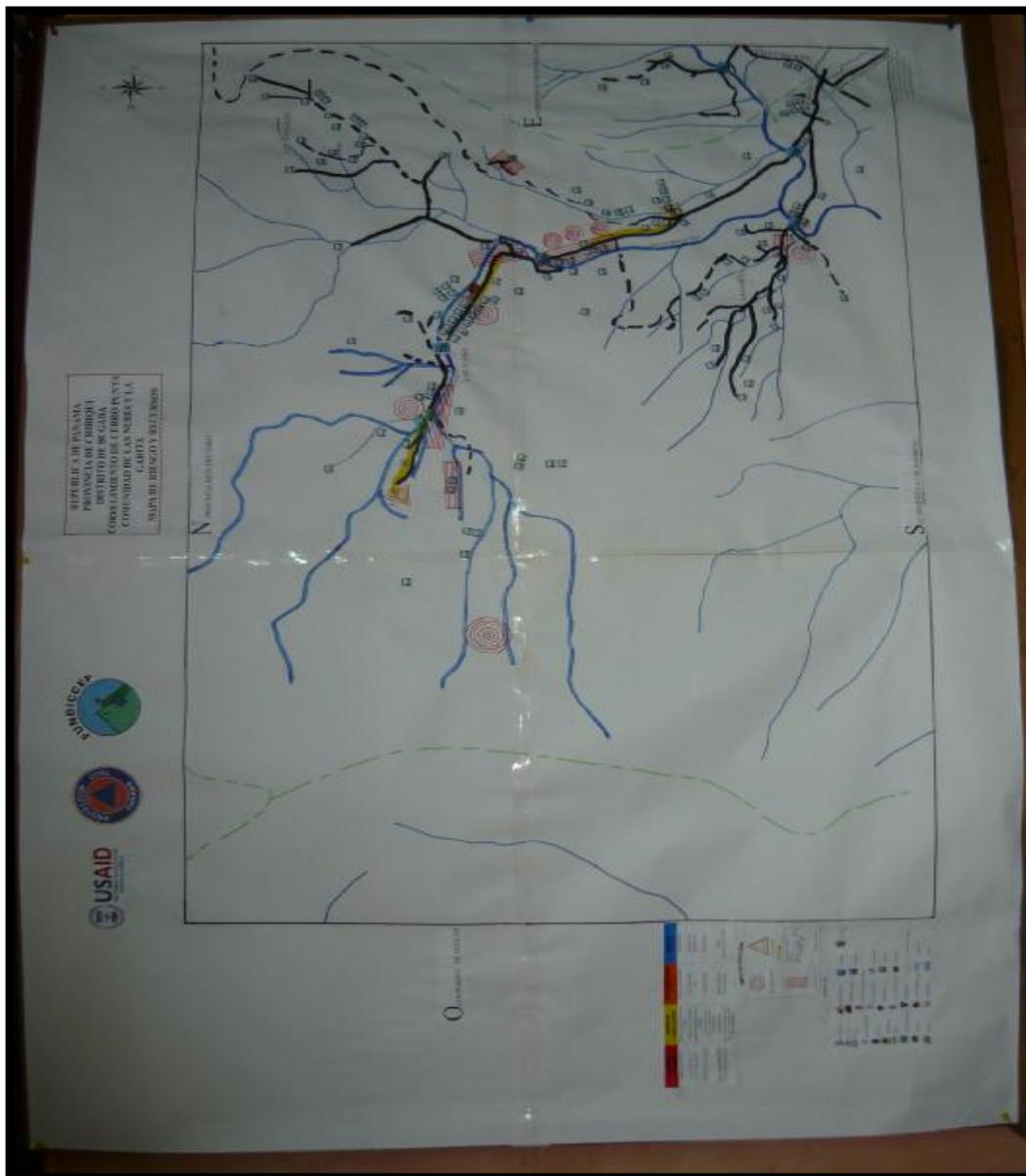


Figura 23. Mapa comunitario de amenaza a inundaciones de la comunidad de Las Nubes

Como se puede apreciar en el mapa anterior, la mayoría de las zonas críticas a inundaciones se encuentran en el cauce principal del río. La causa principal de estas inundaciones en la comunidad de Las Nubes es la falta de limpieza del cauce del río, lo que ocasiona los embalses, debido a la tala de árboles y basura en general.



Figura 24. Mapa comunitario de amenaza a inundaciones de las comunidades de Guadalupe y Entre Ríos.

En el mapa anterior se muestran que en las comunidades de Guadalupe y Entre Ríos presentan trece puntos, que según los moradores, son más susceptibles a las inundaciones.



Figura 25. Mapa comunitario de amenaza a inundaciones de la comunidad de Cerro Punta centro.

Esta comunidad presenta una susceptibilidad mayor en las zonas de El Bajito y Callejón Abajo. Las rutas de evacuación señaladas por los miembros de esta comunidad son la vía principal hacia la Escuela Básica de Cerro Punta y la vía principal hacia los bomberos.



Figura 26. Mapa comunitario de amenaza a inundaciones de las comunidades de Paso Ancho y Nuevo Bambito.

Como se muestra en el mapa anterior todas las inundaciones que se presentan en estas comunidades ocurren en el cauce principal del río, ya que por la topografía de la zona, el río pasa perpendicular a la vía principal, en el sector de Nuevo Bambito.

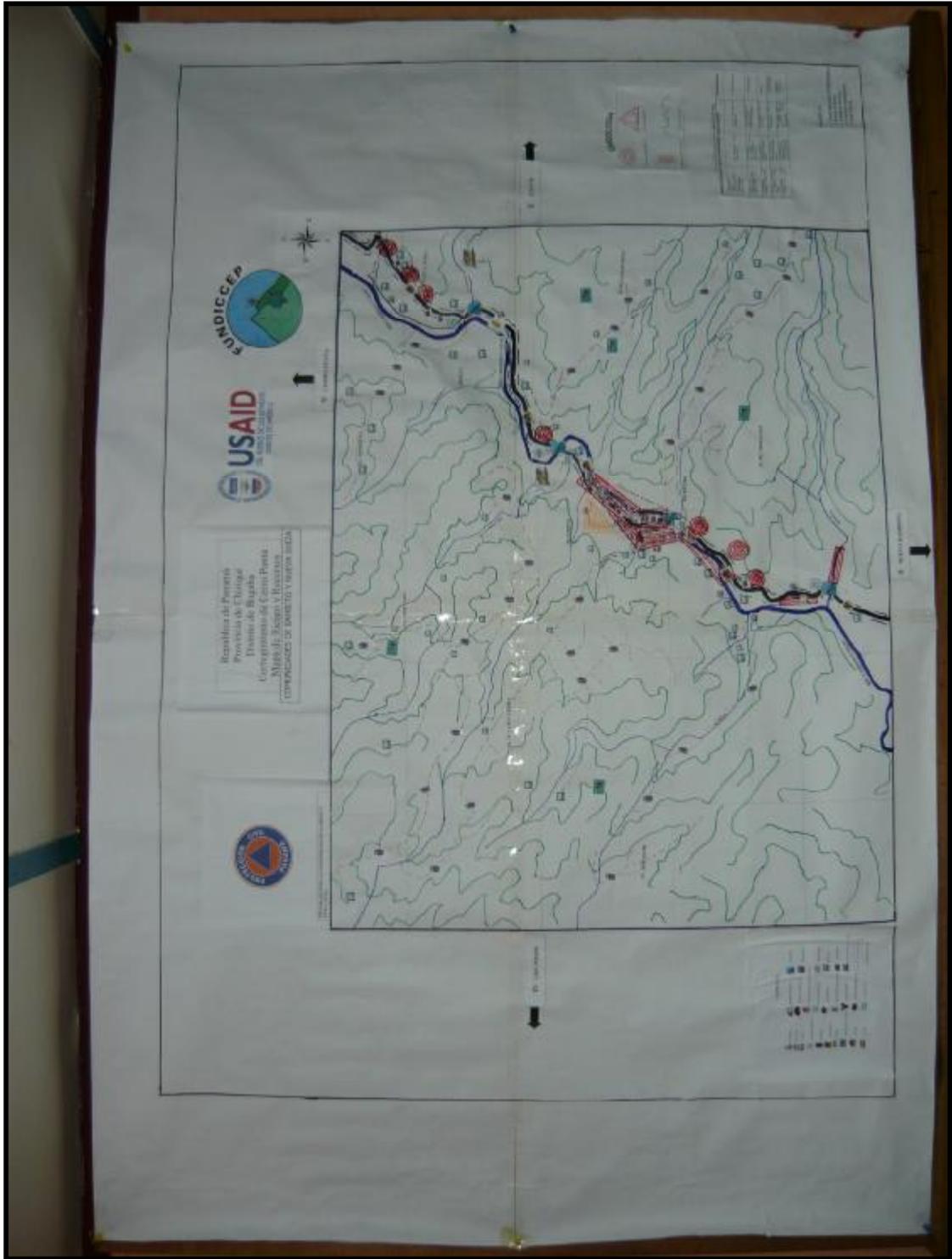


Figura 27. Mapa comunitario de amenaza a inundaciones de las comunidades de Nueva Suiza y Bambito.

Durante la revisión de los mapas anteriores, los pobladores de las comunidades de Bambito y Nueva Suiza señalaron, que se deben de implementar planes de prevención,

como por ejemplo: no tirar basura, no talar cerca del río, no tirar los desechos de plaguicidas a las aguas, evitar construcciones y cultivar en áreas inundables. Así mismo elaborar planes de mitigación, por ejemplo: salir del área vulnerable y limpieza del cauce, identificar materiales a ocupar.

Con los resultados obtenidos del mapeo comunitario, se muestra 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. La información identificada sirvió para que la comunidad reconociera su entorno y sus problemáticas y para la implementación de acciones con las medidas necesarias para reducir el riesgo a inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

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. Según la OMM, para una integración y coordinación intersectoriales es necesaria la participación de las partes interesadas, que incluya instituciones comunitarias. Cuando se trata de tomar decisiones que afectan a toda la cuenca y de conseguir la participación de las instituciones locales, tanto en la adopción de resoluciones como en la aplicación de las mismas, la gestión integrada de cuencas intenta encontrar formas de coordinación y cooperación más allá de las fronteras institucionales.

La incorporación del enfoque de “abajo arriba” en el proceso de la toma de decisiones requiere modificar las instituciones existentes con el fin de facilitar la participación de la comunidad. El éxito de una gestión integrada de cuencas depende de las relaciones entre las partes interesadas y de que exista un conjunto de reglas justas y transparentes que rijan la actuación de los participantes.

Lecciones aprendidas del ejercicio de mapeo comunitario

- “ La metodología de mapeo de amenaza es aplicable para todo tipo de actores claves de las comunidades, niños, niñas, jóvenes y adultos mayores de cualquier nivel de educación.
- “ Constituye una herramienta fácil, útil, y motivadora para transmitir la importancia de conocer e identificar los riesgos en que se encuentran las comunidades, en este caso las que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo. De igual forma permite estrechar los vínculos de la comunidad con la organización vinculadas al tema de riesgo y prevención de desastres.

- “ La elaboración de procedimientos para la confección de mapas y el uso de una simbología unificada facilita la lectura y reconocimientos de las zonas en riesgo a inundaciones.
- “ Los miembros de las comunidades constituyen una fuerza valiosa para las actividades de preparación de la comunidad y para la gestión de riesgo y son capaces de brindar propuestas que enriquezcan los planes de mitigación y prevención.

4.3.2. Determinación de las zonas críticas a inundaciones utilizando el modelo de simulación “Floodarea”.

Para determinar las zonas críticas a inundaciones se utilizó el modelo de simulación “Floodarea” el cual modela las inundaciones y permiten un análisis en relación con la hidráulica fluvial, utilizando como complemento los sistemas de información geográfica. Los resultados de la ejecución de estos modelos de simulación se aplicaron para calcular los datos de entrada, a partir de los cuales se pudieron obtener resultados de las zonas críticas a inundaciones.

Se utilizó el método de marcas en la red de drenajes, debido a que no se contó con un hidrograma – histograma de una tormenta como la producida en el 2008. Es importante señalar que aunque si se tienen registros de precipitación de cinco estaciones hidrometeorológicas desde el año 1972 al 2008 con los cuales se realizaron los diferentes cálculos hidrológicos como por ejemplo: la longitud y pendiente del cauce, las lluvias máximas para los diferentes periodos de retorno 5, 10, 50 y 100 años (como se muestra en el anexo 5), no fue posible construir dichos hidrogramas, por no contar con los caudales en diferentes puntos dentro de la zona de estudio.

Se realizó una simulación de áreas susceptibles a inundarse en las distintas comunidades que forman parte del estudio con el uso de un MDE de 30 x 30 m de tamaño de píxel, el cual ayudó a determinar las condiciones geométricas que definen las características del flujo en canales naturales y / o artificiales y de las zonas de inundación aledañas a estos. Además se utilizó un mapa de rugosidad del suelo, que permitió la identificación de usos de suelo que modifican el drenaje (anexo 6).

4.3.2.1 Características de la red de drenaje

La parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo nace en las estribaciones del volcán Barú y fluye en sentido oeste, pasando por las poblaciones de Guadalupe y Entre Ríos. En el poblado de Cerro Punta, el río Chiriquí Viejo fluye al norte a 1,5 km del centro poblado. Al

llegar a la población de Nueva Suiza sufre un estrangulamiento al atravesar una estrecha garganta llamado Bambito, donde atraviesa el poblado de norte a sur, formando un cañón de 3 km. de longitud; al salir de esta garganta, el río fluye sobre una planicie aluvial que se extiende en forma de abanico, bordeando los cerros de Pon la Olla y Potrero de Piedra, aproximadamente a 1,5 Km, al norte de la comunidad de Nueva California.

En el poblado de Volcán, el río Chiriquí Viejo fluye por el límite norte a una distancia de 2,5 a 3 km del centro urbano, en sentido este-oeste, a lo largo de la planicie o abanico aluvial.

La población de Cerro Punta es bañada por pequeños drenajes que nacen en la falda del Volcán Barú, tales como las quebradas: Bajo Grande, Iglesias, Callejón y Gralle, las cuales desembocan en el río Chiriquí Viejo. Cabe destacar que la red de drenajes en estas dos poblaciones; Cerro Punta y Volcán tiene una forma o patrón de drenaje radial caracterizado por ser ríos torrenciales.

En la figura 28 se muestra el mapa de zonas de inundación que cubre todas las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.

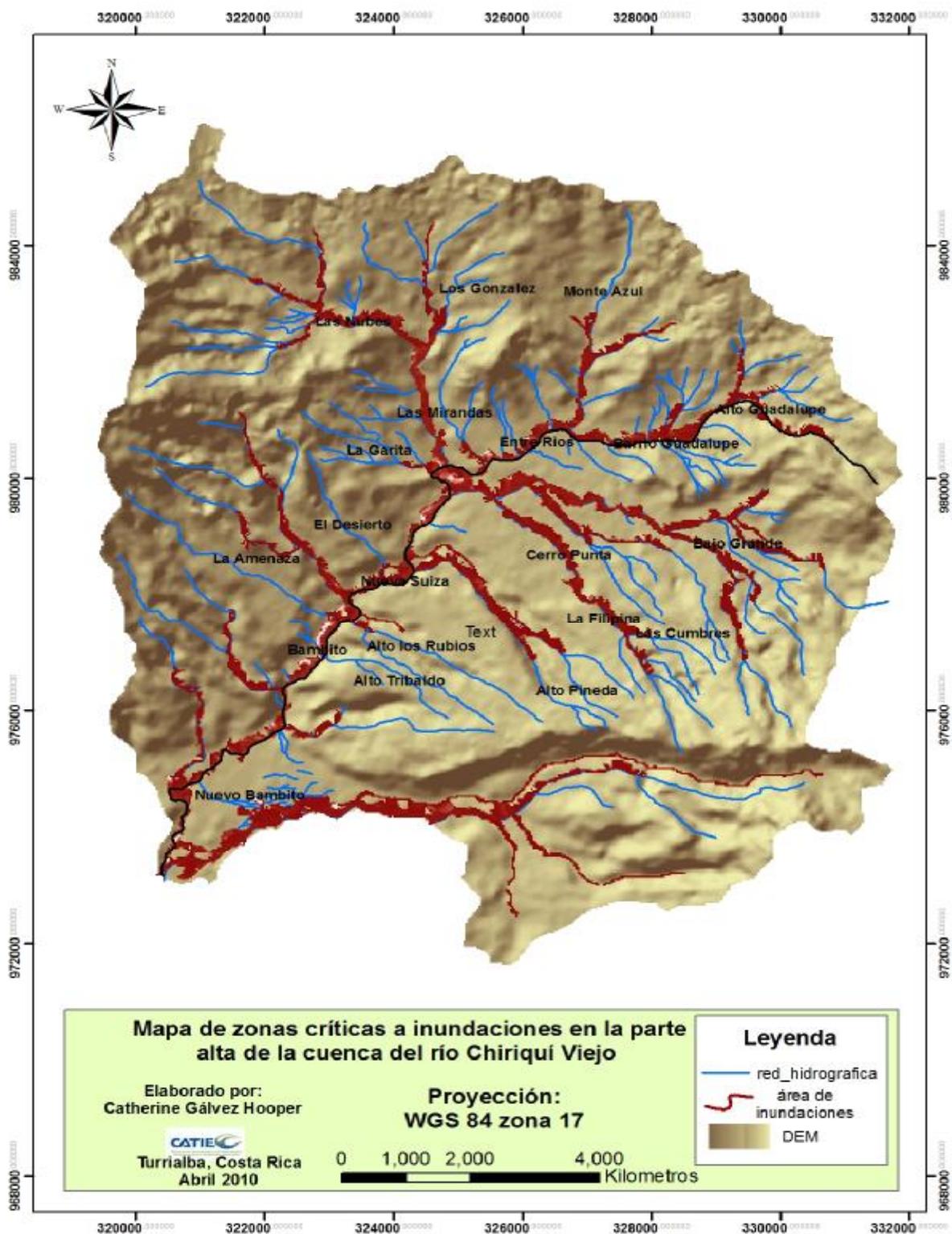


Figura 28. Mapa de zonas críticas a inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.

Como se puede observar en el mapa anterior, el análisis muestra que todas las comunidades son vulnerables, ya que el modelo mostró inundaciones en toda la parte alta de la cuenca, 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 viviendas localizadas en las ribera del río, de igual forma los puentes y vías de comunicación localizados en el curso del río.

Los resultados de esta simulación de inundaciones muestran un mayor desbordamiento del río en las comunidades que se encuentran en la parte noreste de la zona de estudio, donde existen más concentración de infraestructuras o cultivos agrícolas.

Todo esto se genera a consecuencia que los agricultores no respetaron el ancho natural del río, ni los rumbos naturales de drenaje, y poco a poco, fueron extendiéndose sus parcelas hacia zonas aledañas al río y abriendo canales en distintos sitios. Esto ocasiona que el río se desborde por estos nuevos conductos, generando además daños económicos adicionales. ROSSELLO (1992) indica en su estudio que una crecida es mucho más que una punta de descarga fluvial. Unas horas de crecida pueden modificar más el paisaje que decenas de años de escorrentía normal, lo que afecta gravemente el paisaje natural.

Las áreas cercanas a los cauces y canales de la red de drenaje de la zona de estudio han sido incluidas como zonas de amenaza. Esto se debe a que es en sus cercanías donde ocurren la mayor parte de inundaciones recurrentes ocasionadas por sus desbordamientos, como se muestra en la figura 28.

También es de observar que los desbordes del río tienden a ser más severos en las paredes de los meandros, donde la dirección del flujo del río es perpendicular a los mismos, esto se debe a que el curso medio el río deja de tener tanta fuerza como en el curso alto. En vez de erosionar el suelo por donde fluye (lecho del río), erosiona los lados (márgenes del río). El río se hace cada vez más ancho y menos profundo. Lleva más agua (caudal) que en el curso alto, debido a la aportación de los afluentes, muy característico del curso medio de un río son los meandros, por lo que se considera que cualquier corrección o intervención para construir obras de protección deberían implementarse principalmente en esos puntos.

En el mapa de amenaza a inundaciones de la zona estudio (Figura 28) se puede observar que los mayores daños ocasionados por un desbordamiento del río Chiriquí Viejo, se presentarían en el cauce principal y en la parte noroeste de las comunidades que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo. Las comunidades donde se presentarían un mayor desbordamiento del río son: Guadalupe-Entre Río, Nuevo Bambito, Bambito, Nueva Suiza.

Es importante resaltar también, la amenaza que representa el desbordamiento del río en la comunidad de Bambito, ya que ésta comunica el corregimiento de Cerro Punta con el

corregimiento de Volcán único acceso y salida de la población en la fase pre-desastre. Es importante que en esta comunidad se establezcan medidas de prevención y de vigilancia sobretodo en los meses de noviembre a febrero, que generan grandes crecidas, en el espacio de pocas horas y que no permiten ninguna reacción oportuna a tales eventos.

HOUGH (1984). señala que a medida que se impermeabilizan mayores superficies por el crecimiento urbano también se incrementan las puntas de crecida. Este es un elemento importante de señalar, que ha sido confirmado por las pasadas inundaciones y por los resultados de la simulación efectuada. Algunos caminos actúan como dique, ya que fueron construidos sin dejar espacio suficiente para el paso del agua en los puentes existentes. Es decir, no hubo concordancia entre los parámetros hidrológicos y las dimensiones de las obras civiles. Por lo tanto, cuando ocurren eventos de inundación estos caminos son seriamente dañados debido al impacto de las aguas y al posterior represamiento, como ha sido el caso de las comunidades de Guadalupe y Entre Ríos.

Los resultados generados de la simulación a inundaciones realizada en la zona de estudio es preocupante, ya que las inundaciones en algunas áreas se pueden ver agudizadas por los deslizamiento de flujo de lodo, haciendo que el caudal se desborde con mayor fuerza por encima de los márgenes del río, lo que provoca que aumente el riesgo para las comunidades de la zona de estudio, en especial las ubicadas en la parte noreste de la cuenca alta.

4.3.3. Comparación de resultados obtenidos, utilizando los dos métodos para determinar las áreas críticas a inundaciones.

Los mapas comunitarios de riesgo a inundaciones fue comparada con la información que fue obtenida con el modelo de simulación Floodarea; en las figuras (29, 30, 31, 32 y 33.) La comparación de estos dos métodos para la determinación de las zonas susceptibles a inundaciones permitió analizar los resultados de ambos métodos y poder verificar el nivel de semejanza entre ambos.

Comunidad de Las Nubes

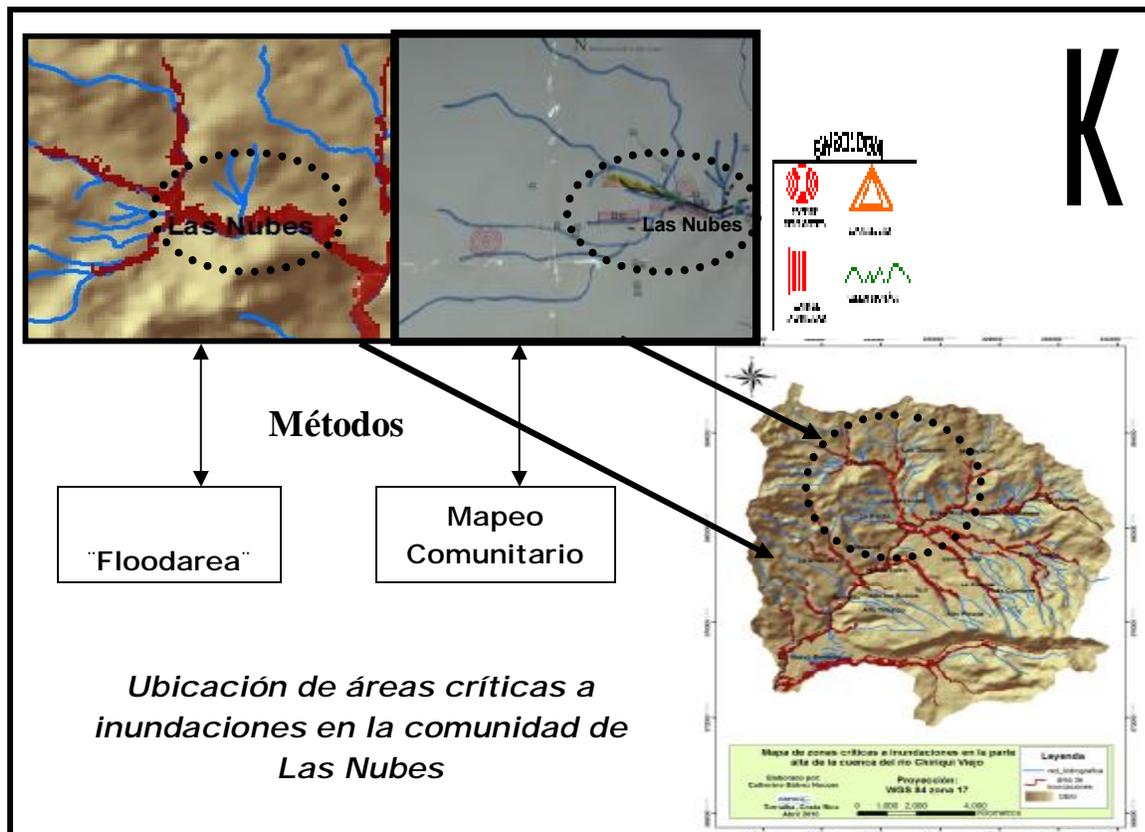


Figura 29. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en la comunidad de Las Nubes.

En la figura 24 se puede apreciar la similitud de las áreas señaladas, tanto por los moradores de la comunidad y el resultado que generó el modelo de simulación, un ejemplo de esta similitud es que ambos métodos señalan como puntos críticos de inundaciones (circulo naranja), la zona poblada donde se encuentra la mayor concentración de viviendas.

Comunidades de Guadalupe y Entre Ríos

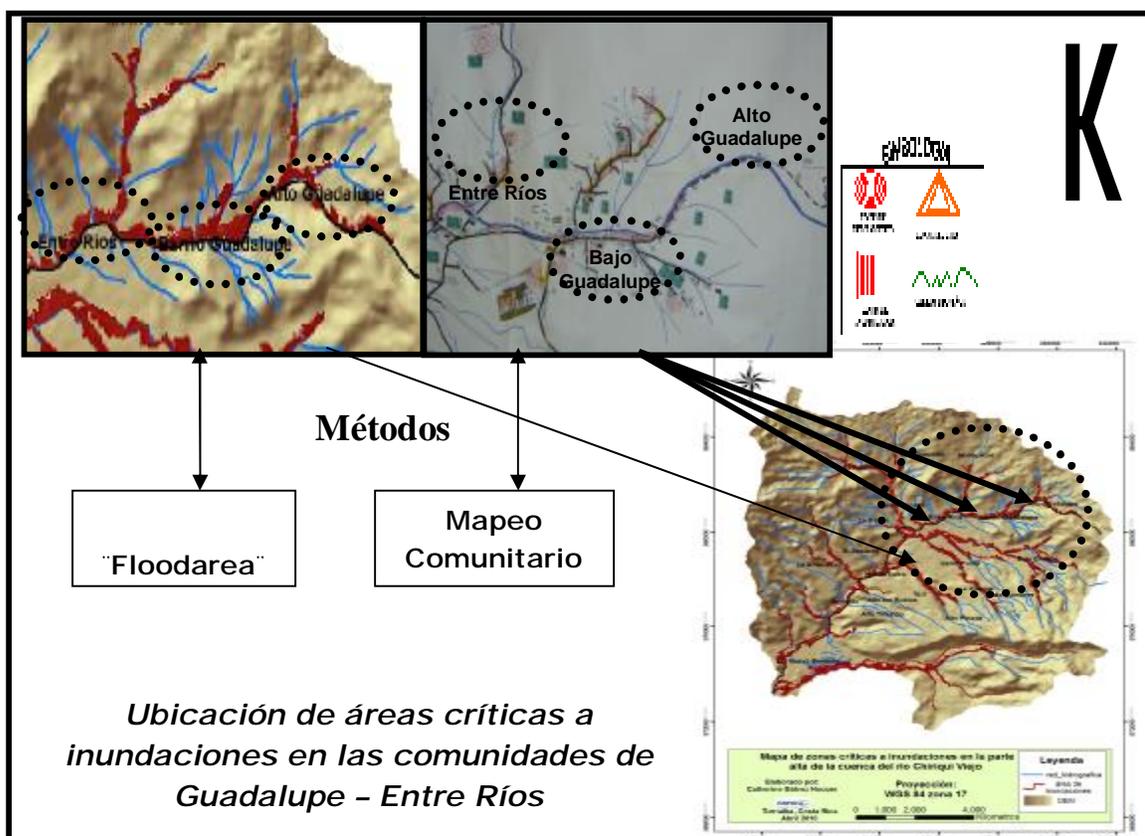


Figura 30. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en las comunidades de Guadalupe – Entre Ríos.

Se puede apreciar en la figura 30, en el mapa izquierdo (modelo de simulación) que las zonas donde el río se desborda con más intensidad es donde se ubican estas comunidades. Se puede apreciar en el mapa del lado derecha que en la comunidad de Alto de Guadalupe no existen registrados por parte de los pobladores, puntos críticos, siendo la zona de Bajo Guadalupe, donde se registran las áreas más críticas a inundaciones en esta comunidad. Por su parte la comunidad de Entre Ríos los pobladores señalan que existen áreas susceptibles a inundaciones en la parte más alta de la misma.

Comunidad de Cerro Punta centro

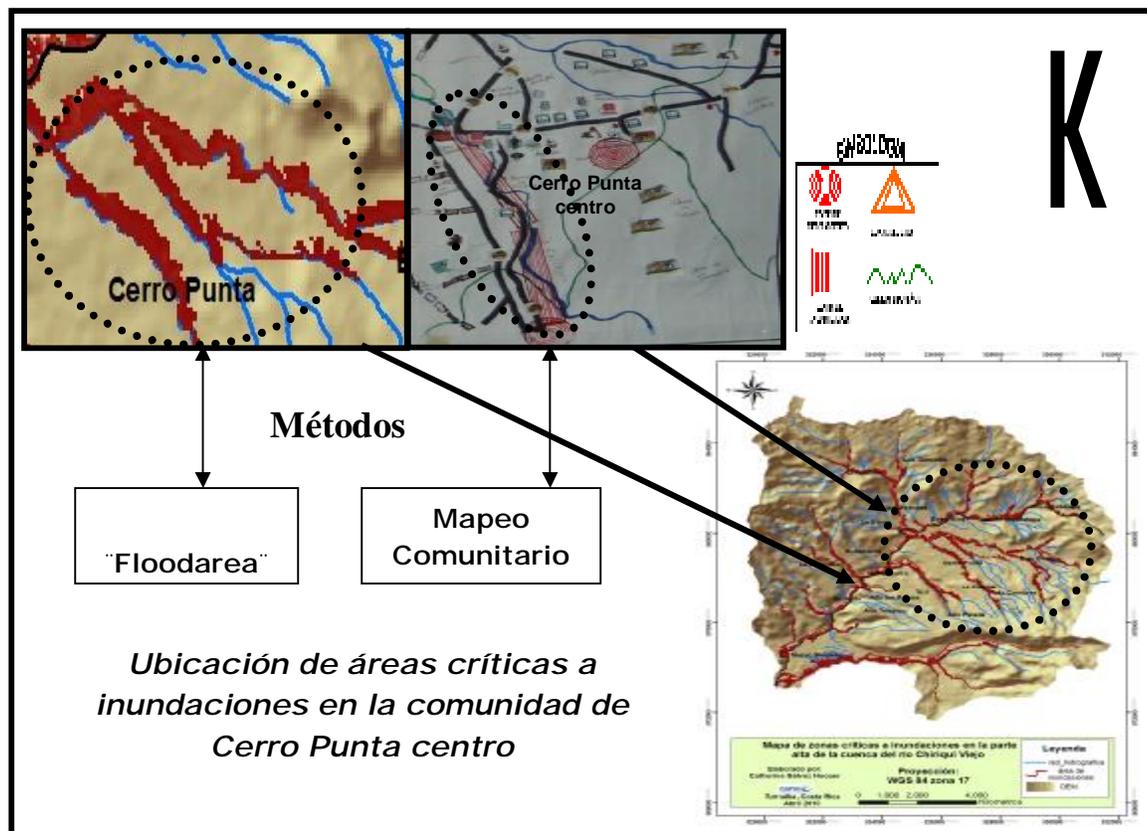


Figura 31. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en la comunidad de Cerro Punta centro.

En la figura 31 se puede ver claramente la semejanza de los resultados de los dos métodos utilizados, en ellos se puede apreciar que en los tres brazos del río que pasan por esta comunidad existen áreas críticas inundaciones, convirtiendo a esta comunidad es altamente vulnerable a inundaciones.

Comunidades de Paso Ancho y Nuevo Bambito

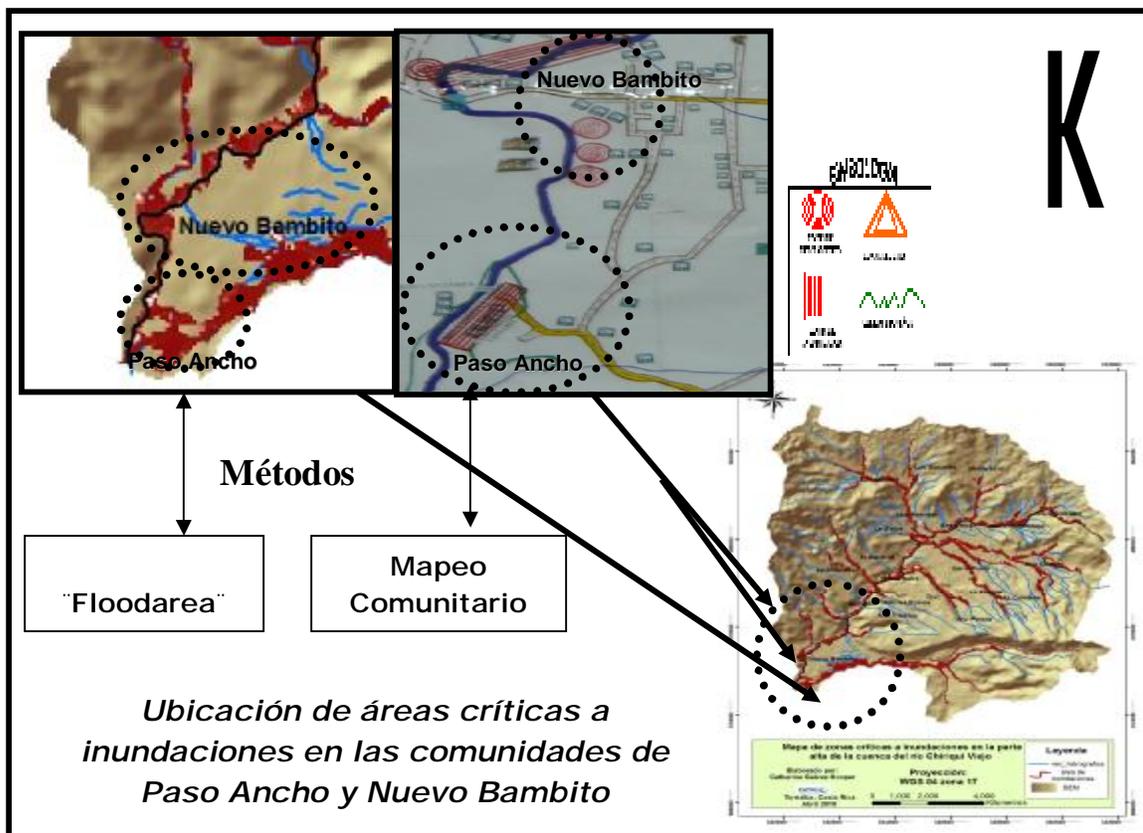


Figura 32. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en las comunidades de Paso Ancho y Nuevo Bambito.

Para el caso de la comunidad de Nuevo Bambito, el mapa de la parte izquierda de la figura 32, representa el modelo de simulación de riesgo a inundaciones, donde se puede apreciar que las inundaciones producto del desbordamiento del río ocurren en el cauce principal del mismo, debido a las lluvias intensas y de prolongada duración. Estos desbordamientos afectan a la comunidad de Nuevo Bambito, ya que por su ubicación geográfica y por la falta de un ordenamiento territorial, existen estructuras cerca del lecho del río. Esta comunidad presenta alto peligro de inundaciones. El mapa elaborado por los actores clave de la comunidad (lado derecho), define las zonas de riesgo a inundaciones (color rojo), mismas que concuerdan con las zonas de riesgo que muestra el mapa del modelo desarrollado, lo que supone que la comunidad, en este caso los actores clave, tienen bastante conocimiento de las áreas donde el río Chiriquí Viejo se desborda.

Comunidades de Nueva Suiza y Bambito

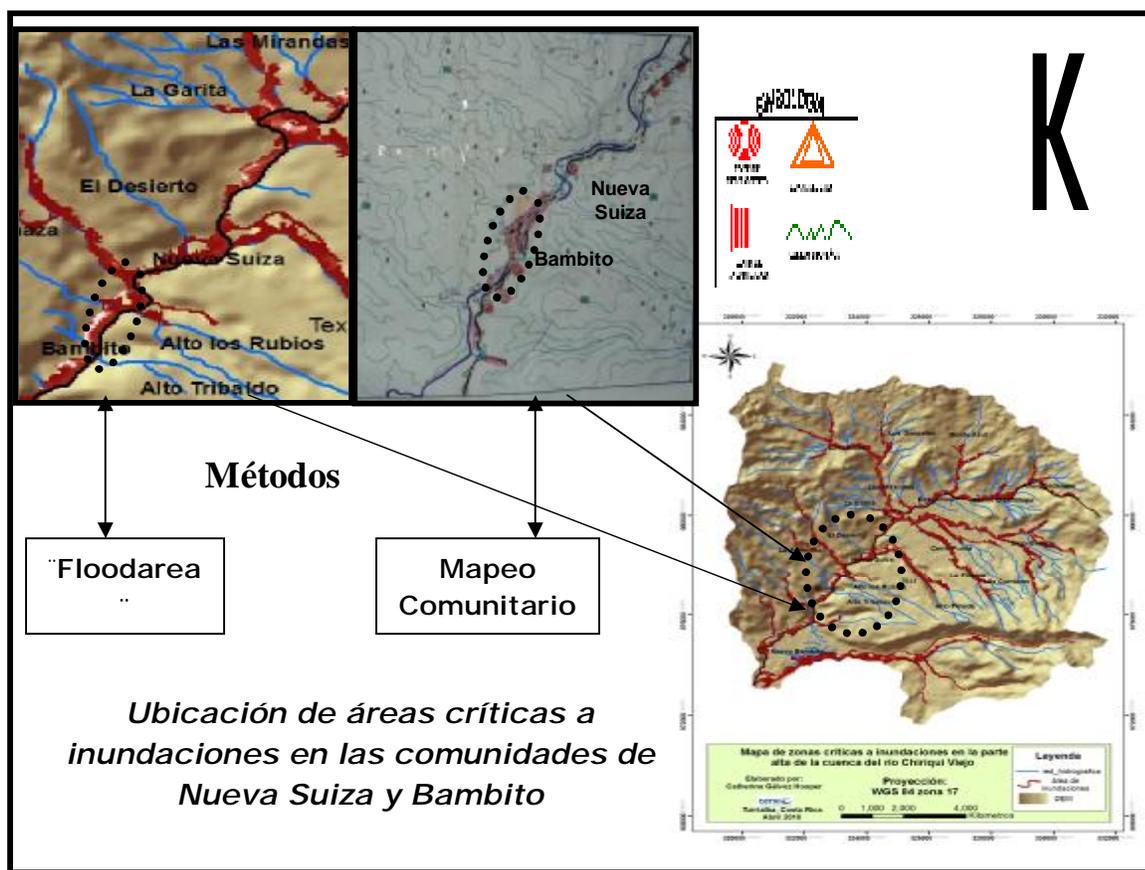


Figura 33. Comparación de los dos métodos utilizados para determinar las susceptibilidades a inundaciones en las comunidades de Nueva Suiza y Bambito.

Uno de las comunidades que se ha visto más amenazada por las inundaciones debido a su ubicación y cercanía del río es la comunidad de Bambito como se muestra en la figura anterior todas los puntos mas susceptibles dentro de esta comunidad se encuentran en el cauce principal del río. Las viviendas en esta zona prácticamente se encuentran en la franja ribereña del río, aumentando el riesgo en esta comunidad. Existen, una similitud de resultados de los dos métodos utilizados. Por su parte la comunidad de Nueva Suiza es una de las comunidades que menos se ve afectada por las inundaciones, como se refleja en ambos mapas.

4.4 Evaluación de la amenaza de deslizamiento utilizando la metodología Vahrson-Mora, en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo (Objetivo 4)

4.4.1 Limitaciones

Para el caso de la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo se presentaron limitaciones tal es el caso con los registros de lluvias, ya que existen en el zona pocas estaciones meteorológicas y algunas se encuentran cerrada por diversas causas. Sólo se pudo obtener registros de ocho estaciones meteorológicas, las cuales tenían información del periodo comprendido entre 1972- 2008. Otra limitante que se debe señalar fue la información litológica ya que en el país no se cuenta con un mapa geológico a escala adecuada, solo existe a escala 1: 500 000, teniéndose que complementar con otros estudios realizados en la zona de estudio.

4.4.2 Grado de amenaza a deslizamientos

Las figuras 34, 35, 36 y 37 presentan los mapas generados para los escenarios de lluvia con 24 y 72 horas de lluvia, respectivamente con un periodo de retorno de 10 y 100 años, con la localización de las áreas susceptibles a deslizamientos. Cabe señalar que la mayoría de las comunidades que forman parte de la cuenca alta, se encuentran dentro de la amenaza mediana y alta; las comunidades de Nuevo Bambito y Paso Ancho presentan una amenaza moderada (periodo de retorno de 100 años), por lo cual son menos susceptibles a deslizamiento, esto se debe a la topografía, menos escabroso del terreno. Mientras que para un periodo de retorno de 10 años, estas comunidades presentan una amenaza baja. La comunidad que presenta mayor amenaza a deslizamientos es Guadalupe.

Según la clasificación utilizada por Mora (2002), el grado de amenaza mediana corresponde a sectores estables que requieren medidas correctivas menores, mientras que para el grado de amenaza moderado, indica que no se debe permitir la construcción de infraestructuras, si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora al condición del sitio, como por ejemplo el manejo de las aguas superficiales y subterráneas y estructuras de retención. Es preocupante que en la zona de estudio existen áreas que tienen una probabilidad mayor al 50% de deslizamiento es caso de sismos de magnitudes importantes y lluvias de alta intensidad, por lo que se deben de implementar medidas correctivas, sino deben de mantenerse como áreas de protección.

Como se ha señalado anteriormente los mapas generados como resultado del método Vahrson Mora para evaluar la susceptibilidad a deslizamiento en la zona de estudio, predominan las áreas con una amenaza mediana y alta para un periodo de retorno de 100 años; mientras que para un período de retorno de 10 años predominan las áreas con amenaza moderada a mediana. Tomando en cuenta estas consideraciones podemos indicar que:

- .. Las comunidades de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo en condiciones de lluvias de 24 y 72 horas de duración y con un periodo de retorno de 10 y 100 años, con un sismo de IV en la escala de mercalli modificada (IMM)I, las cuales presentan áreas bajas y moderadas de deslizamientos, que se pueden presentar por condiciones específicas, por ejemplo una anomalía geológica tipo falla o casos aislados de deslizamientos en esta zona que no son reflejados en este mapa.
- .. Las comunidades donde se reflejan una amenaza de deslizamiento alto para las condiciones de lluvia de 24 y 72 horas son las comunidades de Alto y Bajo de Guadalupe, Las Cumbres, Filipinas y Alto Pineda.
- .. La mayoría de las poblaciones de la cuenca se encuentran dentro del área de amenaza mediana y alta a los deslizamientos, para un periodo de retorno de 100 años; mientras que para un periodo de retorno de 10 años, se encuentran dentro del área de amenaza moderada a mediana.
- .. Como resultado de la aplicación de esta metodología se evidencian zonas que, sin intervención del hombre y por sus condiciones naturales, están en un estado crítico y en donde la planificación del uso del suelo debe tomar en cuenta las consideraciones respecto a la amenaza por deslizamientos.
- .. Un agente disparador de deslizamientos no considerado en la metodología, pero observado en algunas partes de la cuenca es el uso del suelo y la construcción de obras civiles, principalmente el corte de caminos; en algunos casos se conjugan la calidad mecánica de la roca o la orientación desfavorable de discontinuidades para que sucedan movimientos de suelo o de roca cuando se les elimina el material de apoyo.
- .. Así mismo, en las partes con pendientes más altas, se localizan sistemas de cárcavas y surcos asociados a cultivos, las cuales presentan una alta degradación, especialmente en las comunidades donde la amenaza a deslizamiento es alta. Desde el punto de vista geotécnico, representa alta inestabilidad cuando se interviene. El uso de estas tierras, sin un criterio de planeamiento, está activando procesos morfogenéticos erosivos graves.

- Es importante señalar que para un periodo de retorno de 100 años no existen zonas con baja amenaza, mientras que para un periodo de retorno y con lluvias de 24 y 72 horas si existen áreas con amenaza baja a deslizamientos.

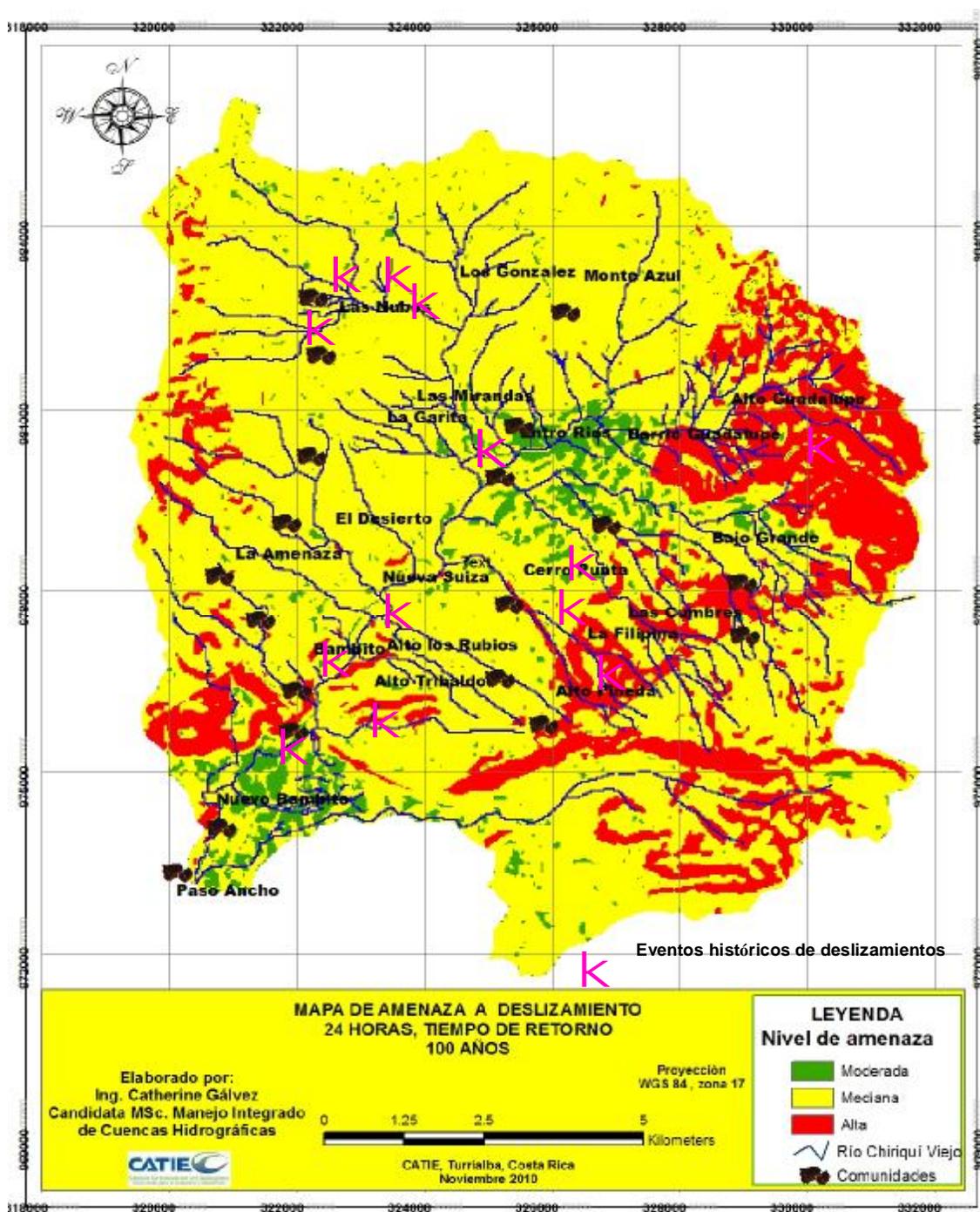


Figura 34. Mapa de amenaza a deslizamientos con 24 horas de lluvia, tiempo de retorno 10 años.

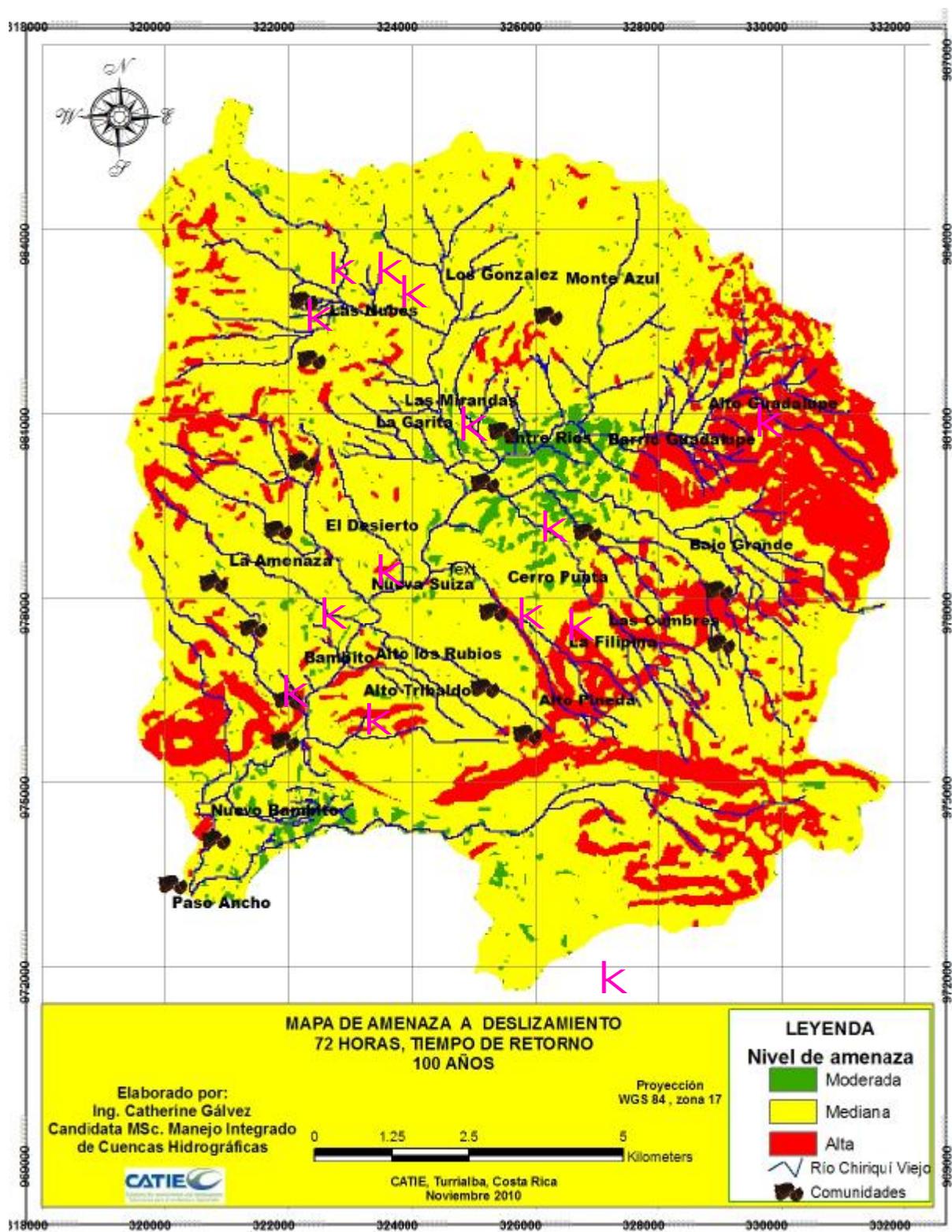


Figura 35. Mapa de amenaza a deslizamientos con 72 horas de lluvia, tiempo de retorno 100 años.

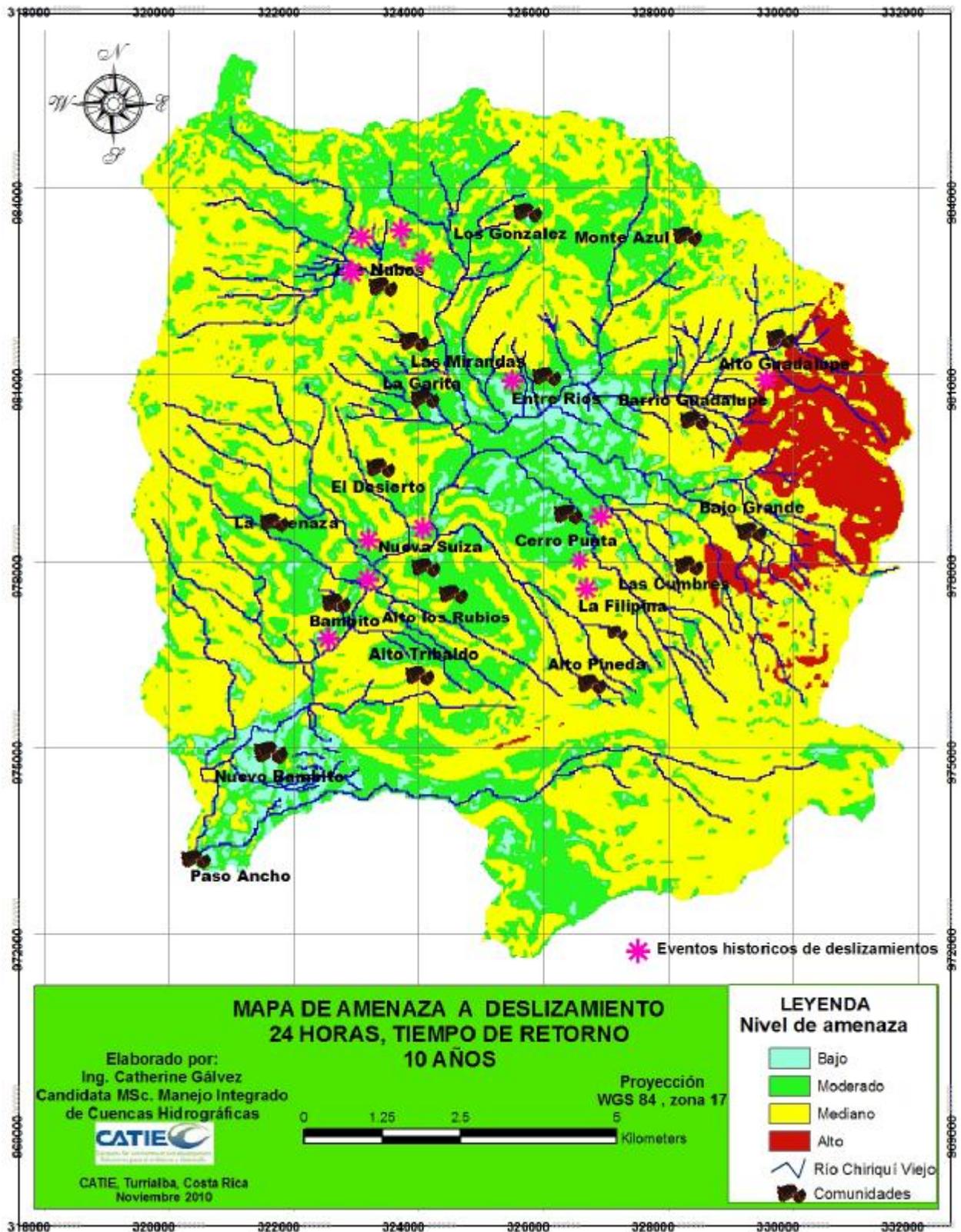


Figura 36. Mapa de amenaza a deslizamientos con 24 horas de lluvia, tiempo de retorno 10 años.

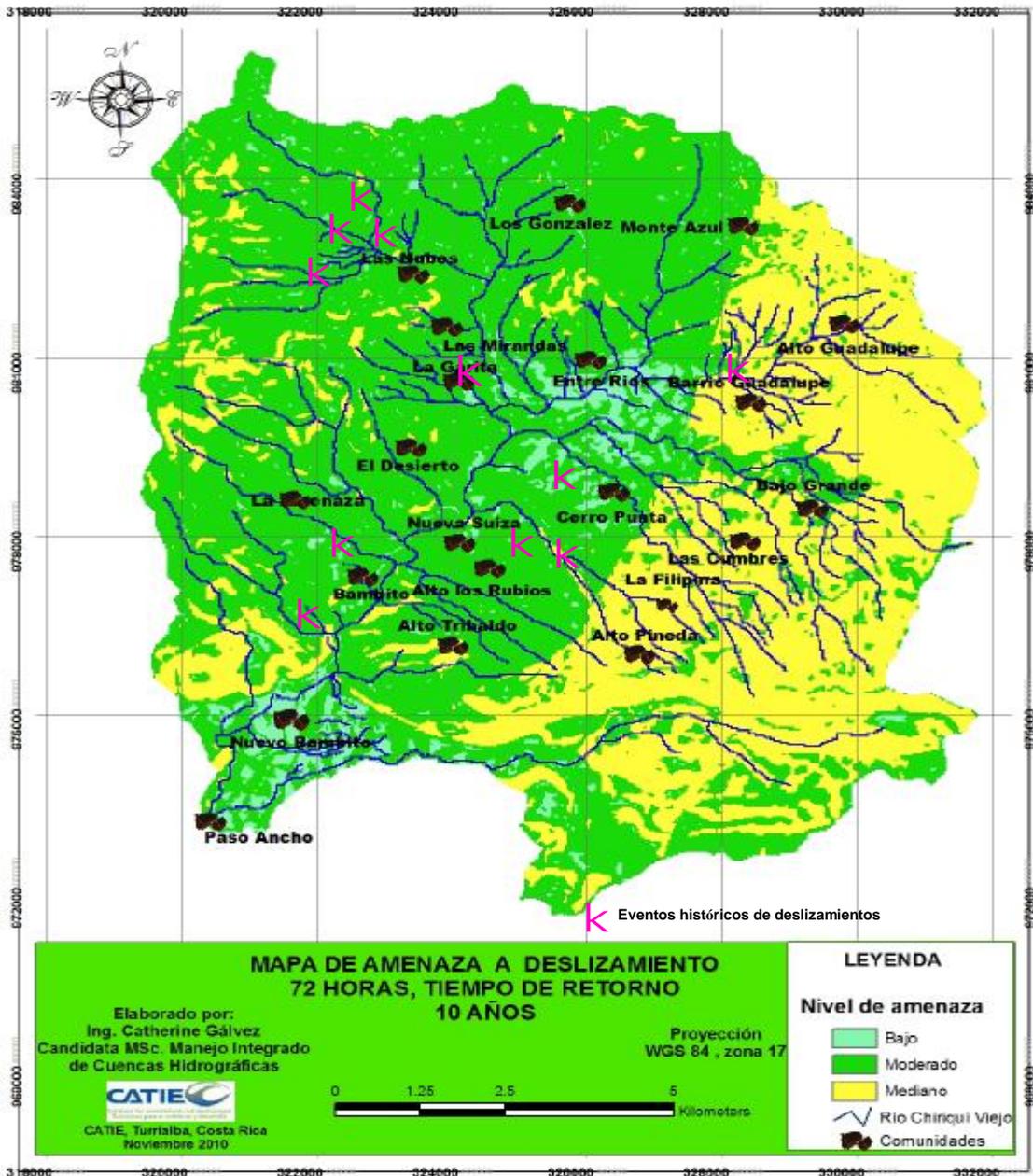


Figura 37. Mapa de amenaza a deslizamientos con 72 horas de lluvia, tiempo de retorno 10 años.

4.4.3 Resultado de parámetros

Pendiente

El parámetro de pendiente es importante ya que refleja la inclinación del terreno. La información que se obtiene de un mapa de pendiente es valiosa, sobretodo para la evaluación de la susceptibilidad de las laderas inestables aplicada a esta metodología, dependiendo de su constitución geológica. El porcentaje de pendientes general de la cuenca posee valores que oscilan entre 0 y mayor de 80% (87%).

La parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo se caracteriza por presentar 24% pendientes muy bajas, 30% bajas; 23% moderadas, 15 % medianas; 7%, altas y 1% muy altas (figura 38).

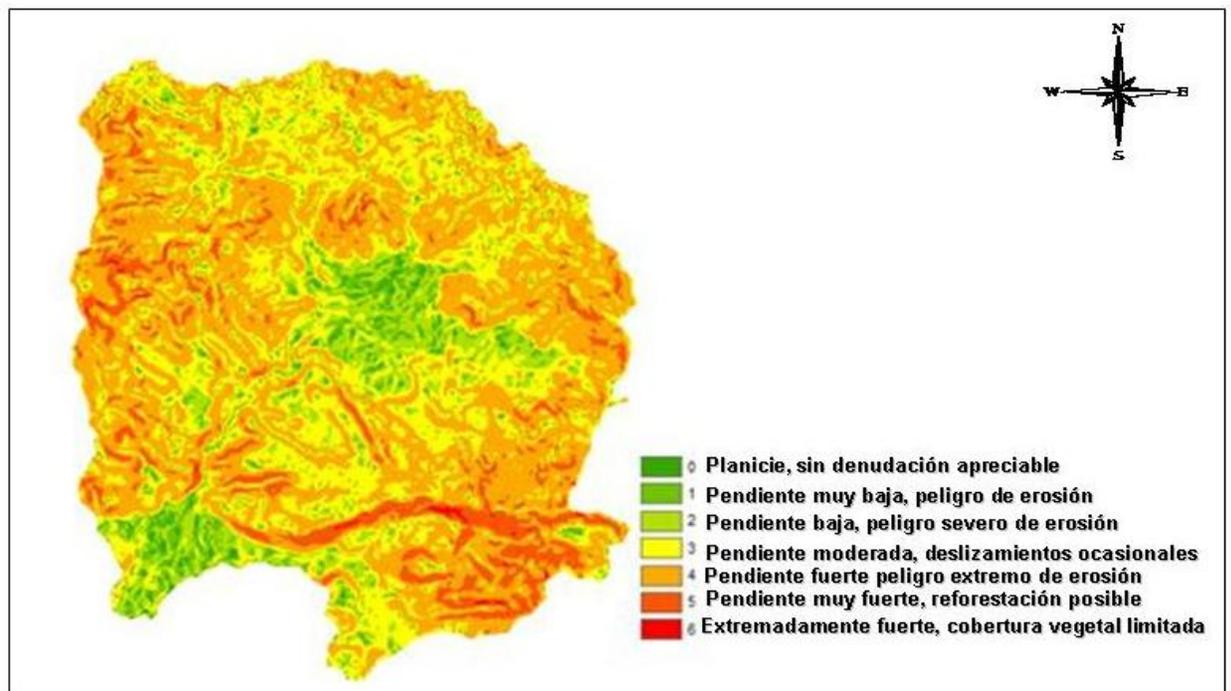


Figura 38. Factor de pendiente de la zona de estudio

Litología

La litología presente en la zona de estudio, según la clasificación utilizada por Mora (1992), posee valores de 3 y 4 correspondientes a lavas y tobas terciarias y cuaternarias e aluviones y sedimentos no consolidados (figura 39).

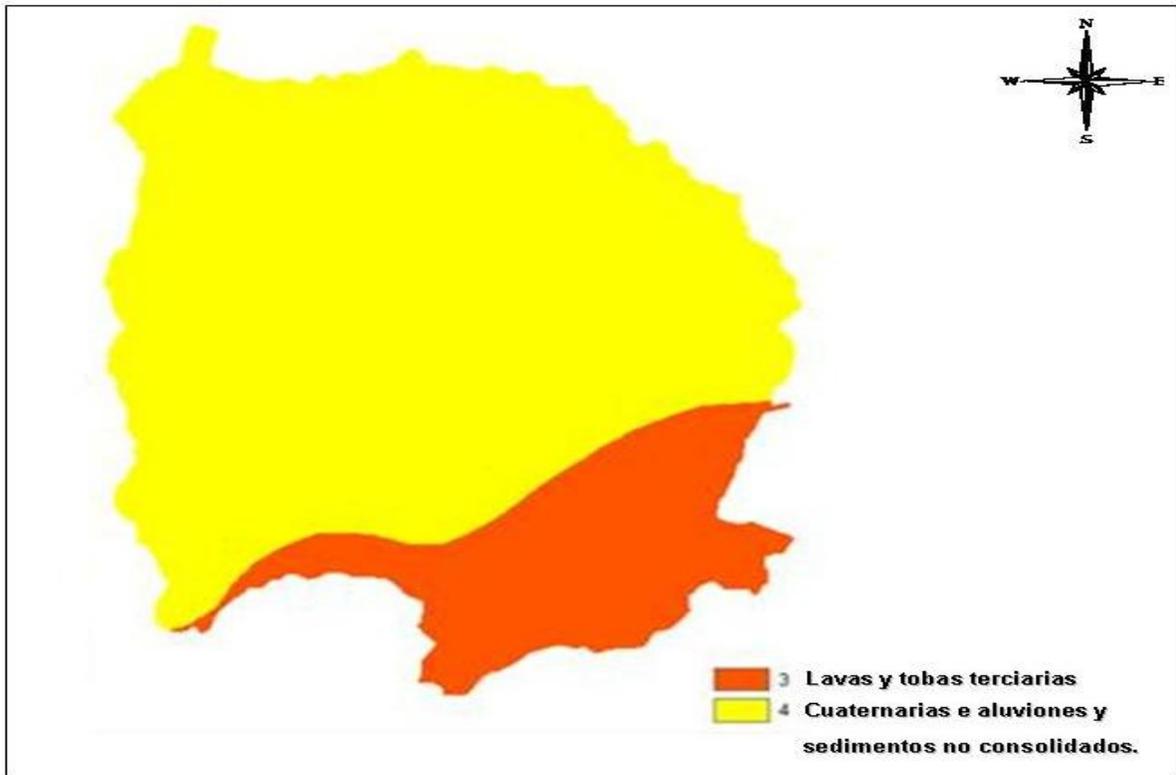


Figura 39. Factor de litología de la zona de estudio

Humedad

La clasificación del parámetro de humedad es de 3 a 4 (figura 40), lo cual indica una influencia de media a alta de este parámetro en lo que respecta a la susceptibilidad a deslizamiento. Para la obtención de este parámetro, como se describió en la metodología se utilizó los registros de ocho estaciones meteorológicas existentes en el área de estudio. Este parámetro es importante porque está asociado a temperaturas altas y actividad orgánica, lo cual acelera la meteorización, ya que el aumento de la presión del poro en un suelo saturado es más susceptible que un suelo seco, lo que genera deslizamientos, más fácilmente.

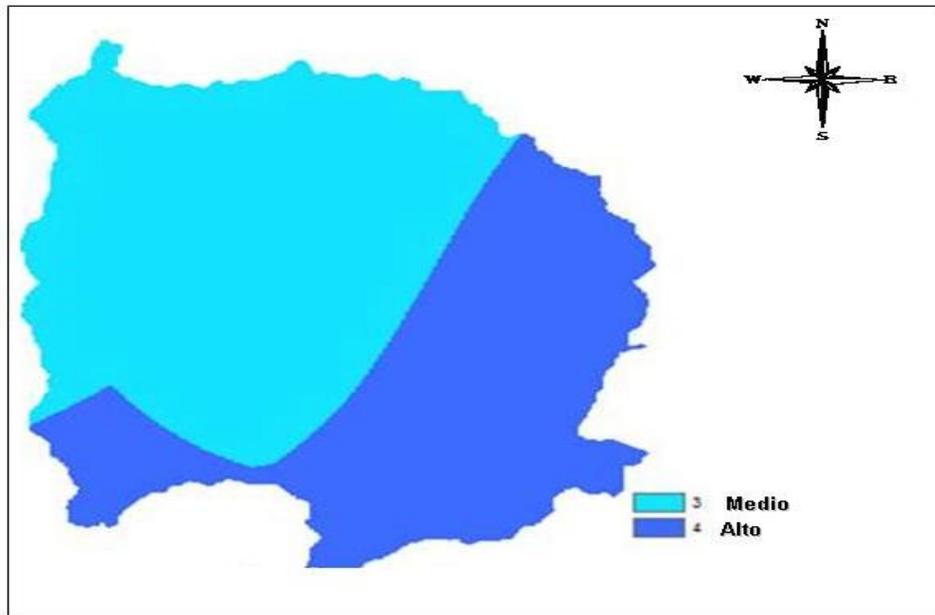


Figura 40. Factor humedad de la zona de estudio

A continuación mostramos la figura 41 donde se muestra el mapa de susceptibilidad de factores generado de la multiplicación de los mismos.

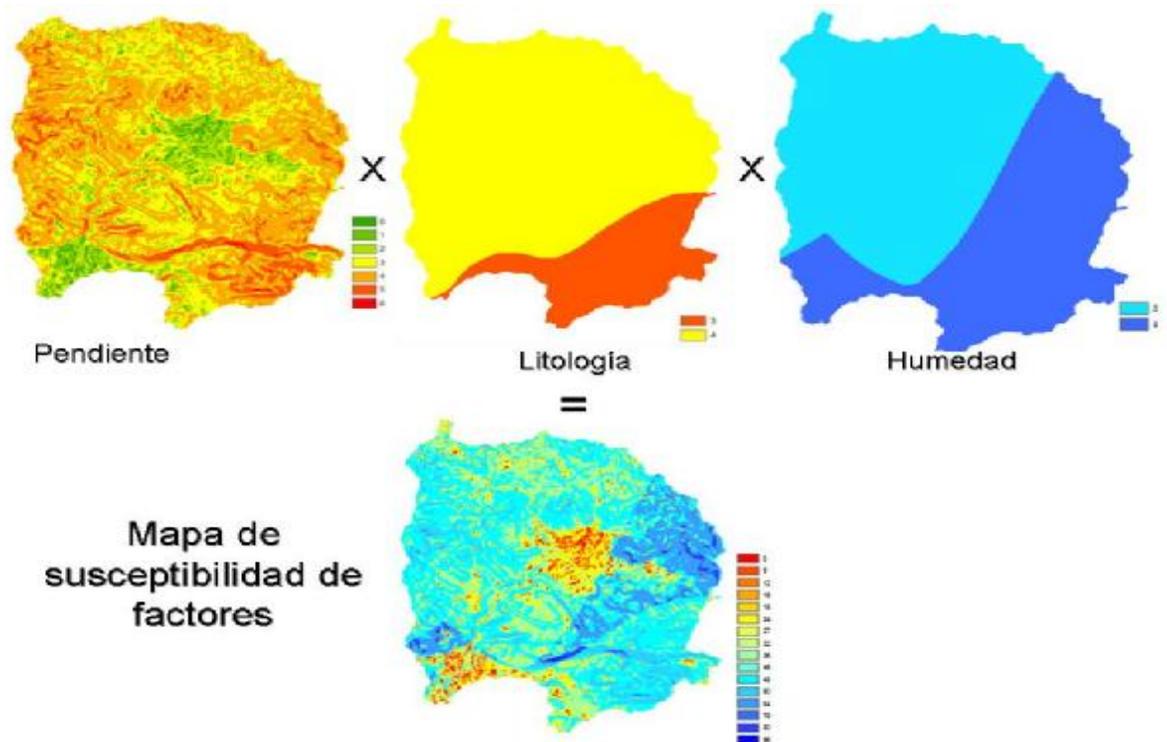


Figura 41. Mapa de susceptibilidad de factores correspondiente a la zona de estudio

Parámetro de disparo por sismo y lluvia

El parámetro de disparo por sismo se ha evaluado relacionando el potencial de generación de deslizamiento con la escala de intensidades de Mercalli Modificada (IMM), cuyo valor es de VI y se considera moderado para el área de estudio. Por lo anterior, el factor de disparo por sismo conduce a una valoración de 9, 10 y 11 para 24 horas de lluvias con un tiempo de retorno de 100 años, el cual tiene una influencia media en el cálculo de la susceptibilidad para el área de estudio. El parámetro de disparo por lluvia tiene una influencia alta en el cálculo de la susceptibilidad, sobretodo para un periodo de 72 horas y es constante para toda el área de estudio. A continuación se presentan los mapas resultantes de disparo para 24 y 72 horas con periodos de retorno de 100 y 10 años (figuras 42, 43, 44 y 45).

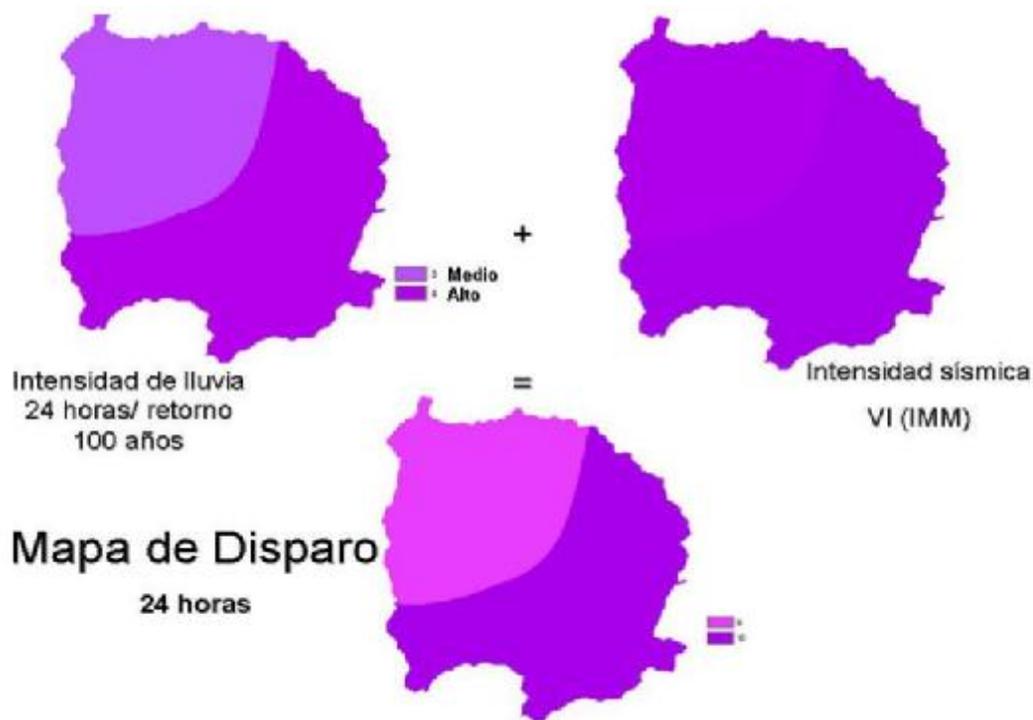


Figura 42. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 100 años y lluvia de 24 horas de duración

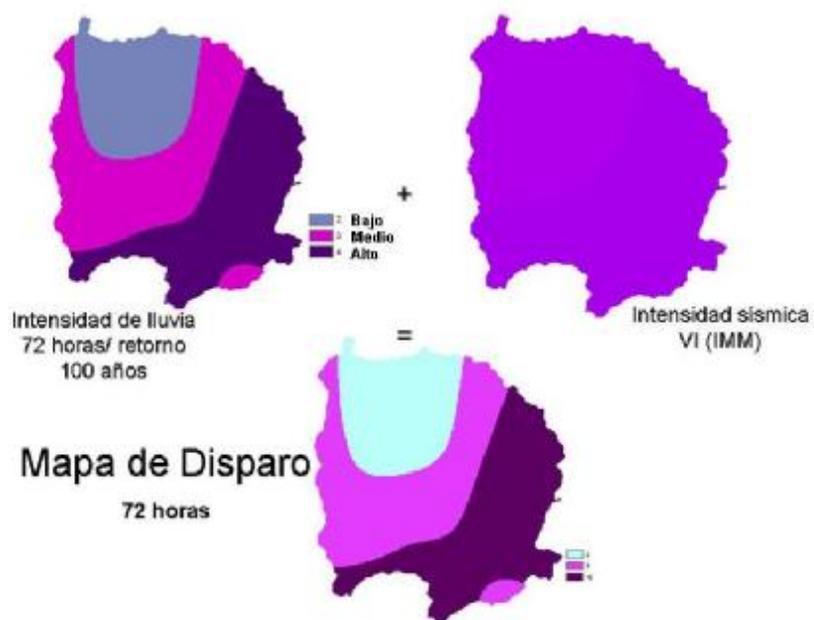


Figura 43. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 100 años y lluvia de 72 horas de duración

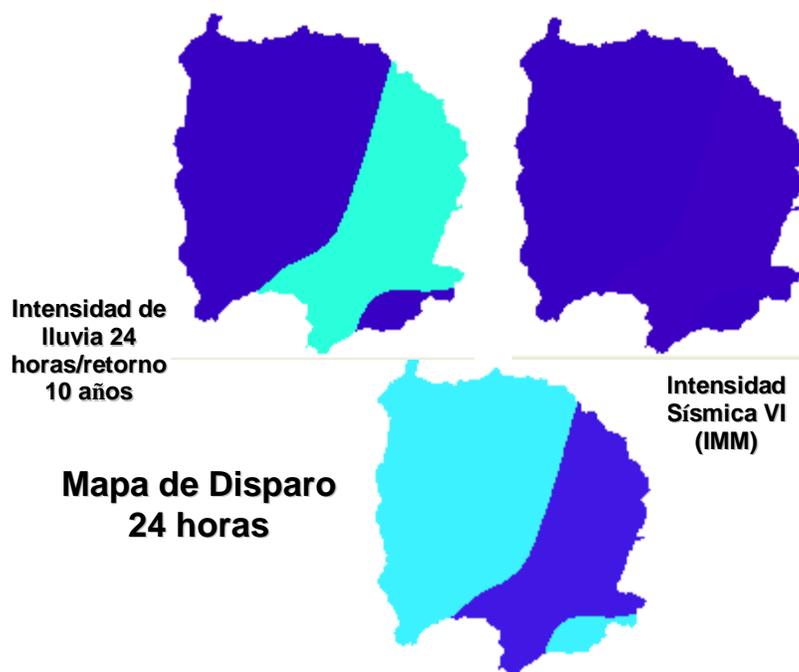


Figura 44. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 10 años y lluvia de 24 horas de duración

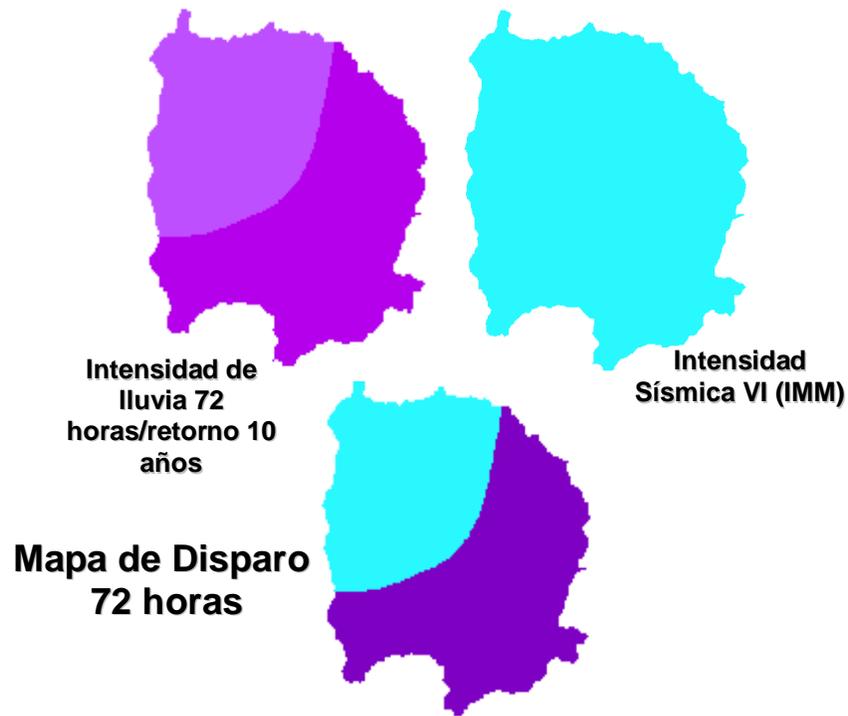


Figura 45. Mapa de disparo para un periodo de retorno de 10 años y lluvia de 72 horas de duración

Los resultados, obtenidos mediante la aplicación de la esta metodología para determinar la susceptibilidad a deslizamiento, con un periodo de retorno de 100 años y 24 horas de lluvia, indican que un 5% del área se clasifica como de susceptibilidad moderada y un 77% como susceptibilidad medianamente alta; el restante 18% se clasifica como de susceptibilidad alta (figura 46).

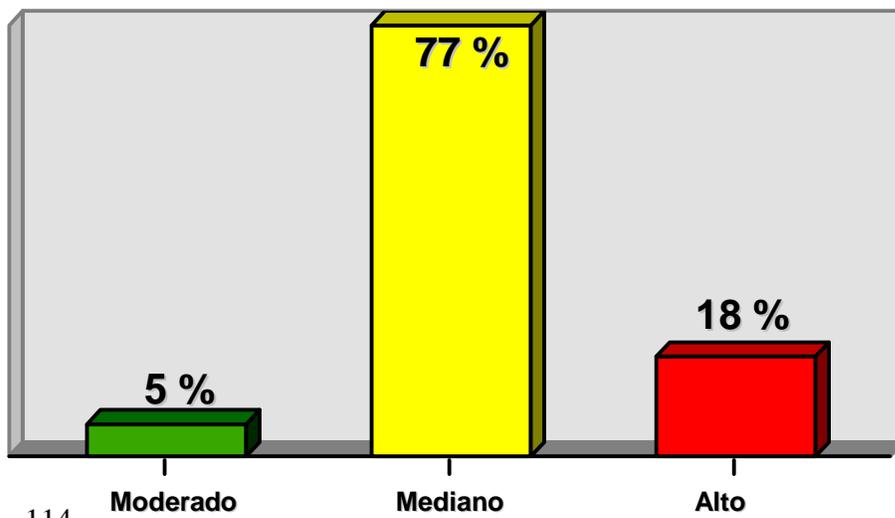


Figura 46. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (24 horas).

Para un periodo de retorno de 100 años y lluvias constantes por 72 horas, los resultados obtenidos para determinar la susceptibilidad a los deslizamientos, indican que un 4% del área se clasifica como de susceptibilidad moderada y un 77% como susceptibilidad medianamente alta; el restante 19% se clasifica como de susceptibilidad alta (figura 46).

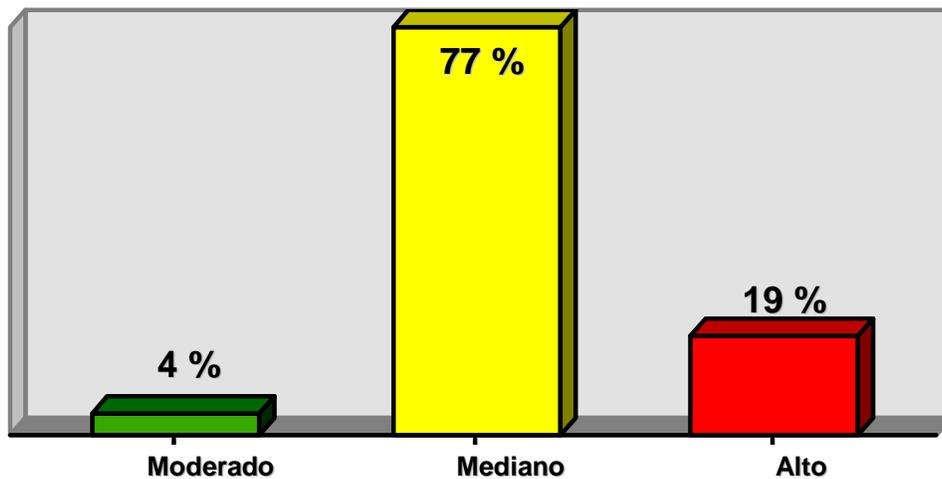


Figura 47. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (72 horas).

Es importante señalar que aunque no hubo diferencias significativa con las distintas duración de las horas de lluvia, sí se puede observar que en el caso del grado de amenaza moderado, el porcentaje de área disminuyó para lluvias de 72 horas, mientras que el grado de amenaza alto aumento. Se mantuvo el mismo porcentaje de área con grado de amenaza mediano para los dos periodos de duración de lluvias, con el mismo tiempo de retorno (100 años).

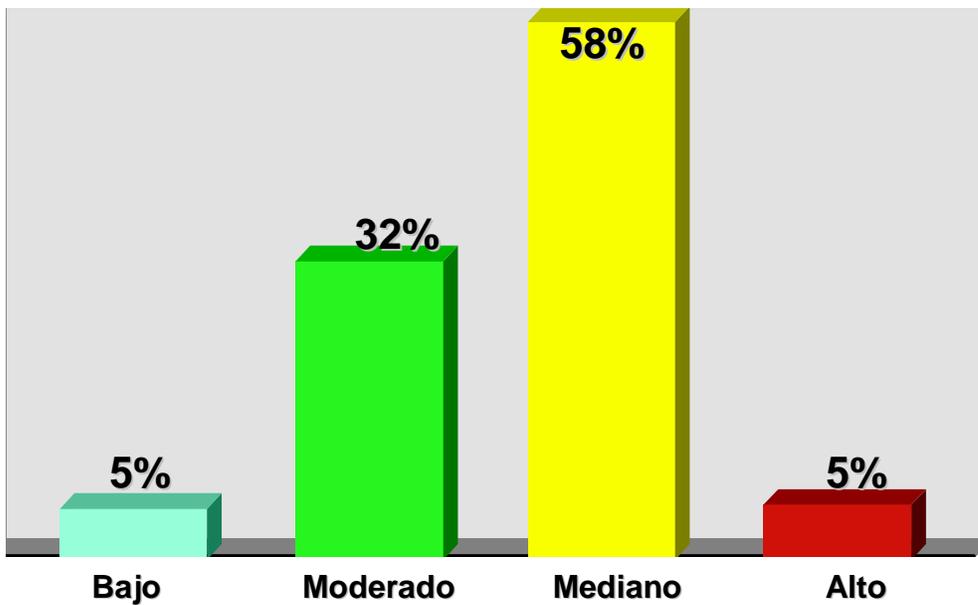


Figura 48. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (24 horas).

Los resultados, obtenidos mediante la aplicación de la esta metodología para determinar la susceptibilidad a deslizamiento, con un periodo de retorno de 10 años y 24 horas de lluvia, indican que un 5% del área se clasifica como de susceptibilidad baja, un 58 % como susceptibilidad medianamente alta, un 32% moderada y el 5% restante se clasifica como susceptibilidad alta (figura 48).

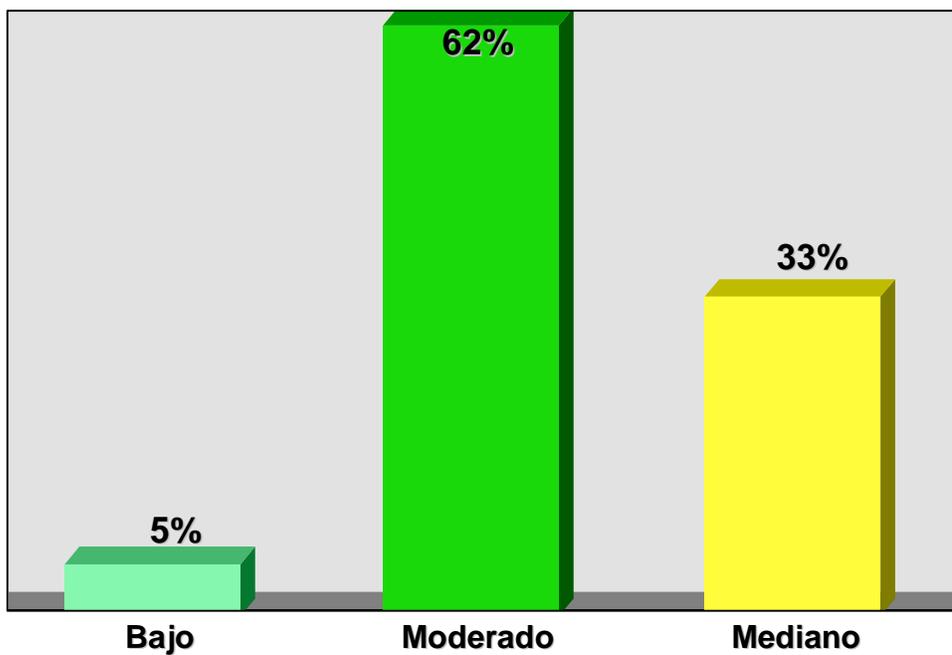


Figura 49. Porcentaje en área, según el grado de amenaza a deslizamiento (72 horas).

Para un periodo de retorno de 10 años y lluvias constantes por 72 horas, los resultados obtenidos para determinar la susceptibilidad a los deslizamientos, indican que un 5% del

área se clasifica como de susceptibilidad baja, un 62% como susceptibilidad moderada alta; el restante 33% se clasifica como de susceptibilidad medianamente moderada (figura 49).

Los resultados esta metodología de Varhson Mora para la evaluación de la amenaza a deslizamientos, aplicada en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, presenta una relación estrecha con el inventario de deslizamiento (Objetivo 1). Esto quiere decir que la mayor concentración de deslizamiento conocido coincide con aquellas indicadas como el grado de amenaza de mediana a alta. En aquellas áreas con bajos niveles de deslizamientos son las zonas del área de estudio donde el grado de amenaza es moderado.

Otro aspecto importante es que algunos de los factores morfodinámicos tienen mayor peso en la determinación de la amenaza a deslizamientos sobretodo, en la zona de estudio, donde las pendientes y las intensas lluvias, son los más relevante a la hora producirse los deslizamientos; aunado a esto, el uso del suelo que no fue incluido como agente disparador en la aplicación de esta metodología. Las áreas con pendientes fuertes están propensas a sufrir deslizamientos si se presentan lluvias extremas o muy intensas al igual que si se produce un sismo fuerte. Por lo tanto se puede concluir que todos los factores, tantos internos como externos, si se relacionan entre si van a ocasionar mayor susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio.

El resultado de la aplicación de esta metodología, debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación urbana y la regulación del uso del terreno, siendo también de suma importancia para los planes de mitigación de desastres, ya que las comunidades saben que áreas son más susceptibles a deslizamientos.

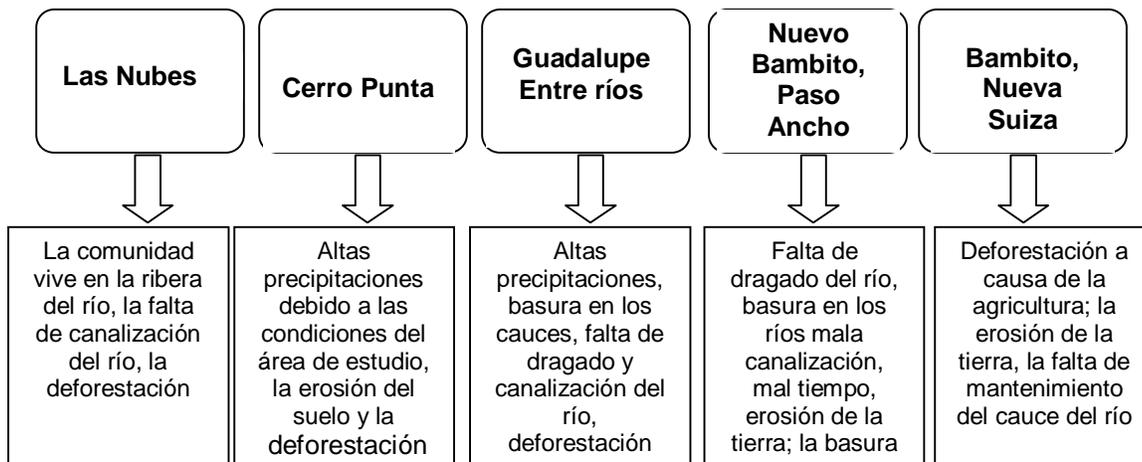
4.5 Determinación de la percepción de actores locales así como estrategias y acciones para disminuir el riesgo ante inundaciones y deslizamientos (Objetivo 5).

A continuación se presentan los resultados correspondientes a la percepción de los actores locales sobre las inundaciones y los deslizamientos, así como las estrategias y acciones, que ellos consideran deben implementarse, para reducir la vulnerabilidad y riesgo a los mismos. Los resultados están organizados en a) percepción de los actores locales sobre las inundaciones; b) estrategias y acciones que proponen los actores locales para reducir la vulnerabilidad y riesgo ante las inundaciones; c) percepción de los actores locales sobre los deslizamientos; d) estrategias y acciones que proponen los actores locales para reducir la vulnerabilidad y riesgo a deslizamientos.

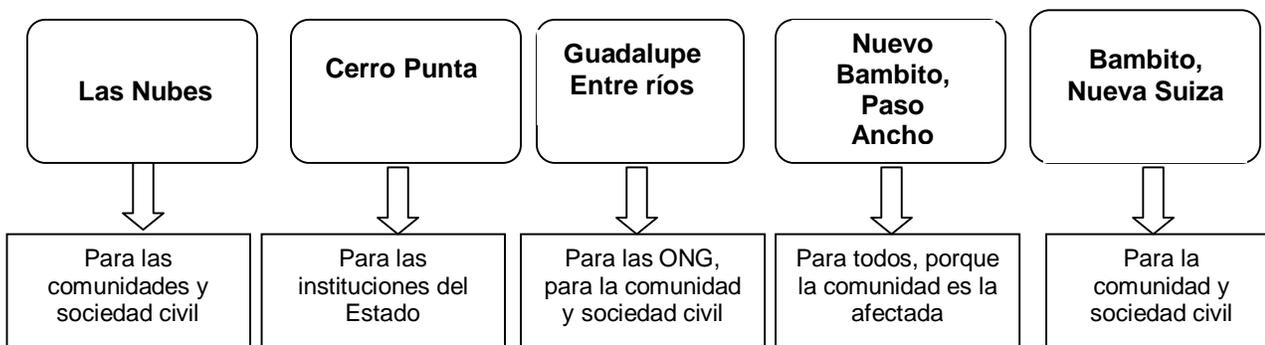
INUNDACIONES

a) Percepción de los actores locales sobre las inundaciones

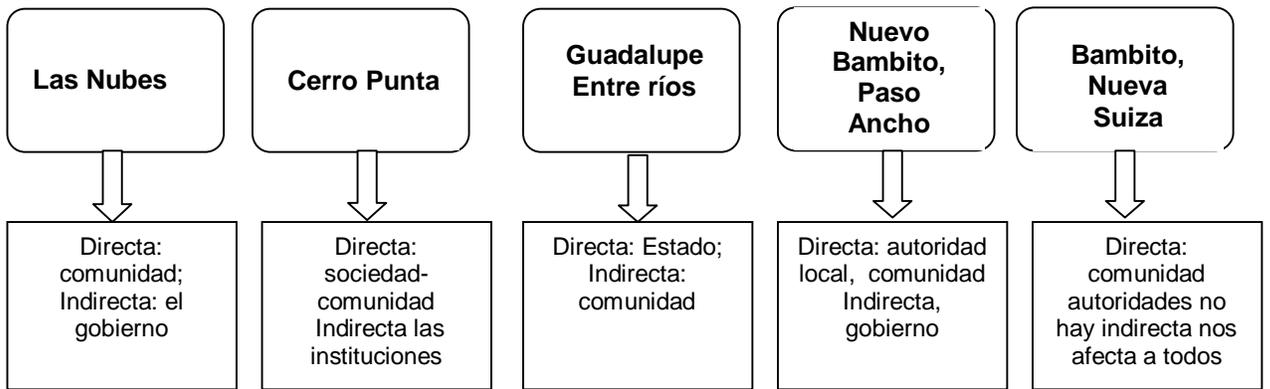
¿Cuáles considera usted son las principales causas de la ocurrencia de inundaciones en la zona de estudio?



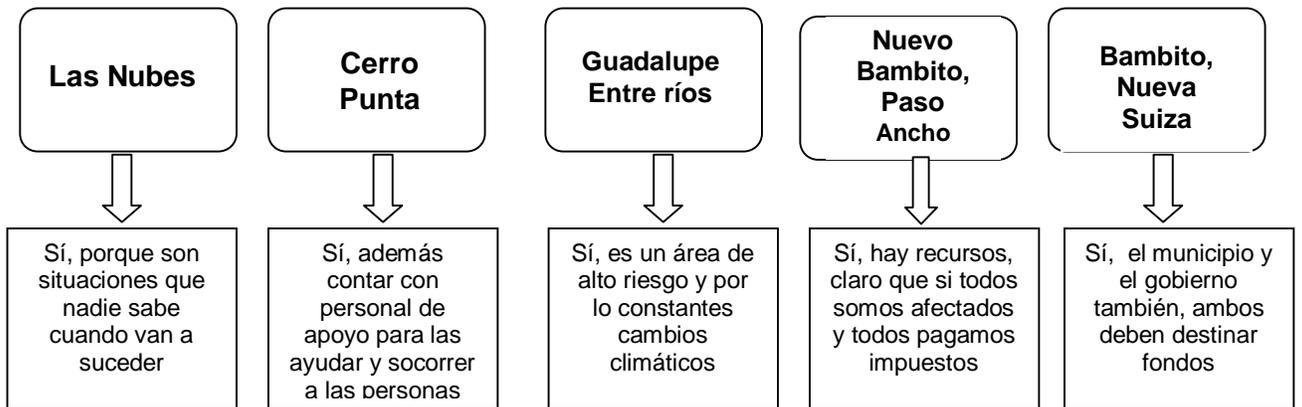
¿Considera usted que el tema de inundaciones en la zona de estudio es relevante para a) los políticos y tomadores de decisiones; b) para las instituciones del estado; c) para la ONG; d) para las comunidades y sociedad civil?



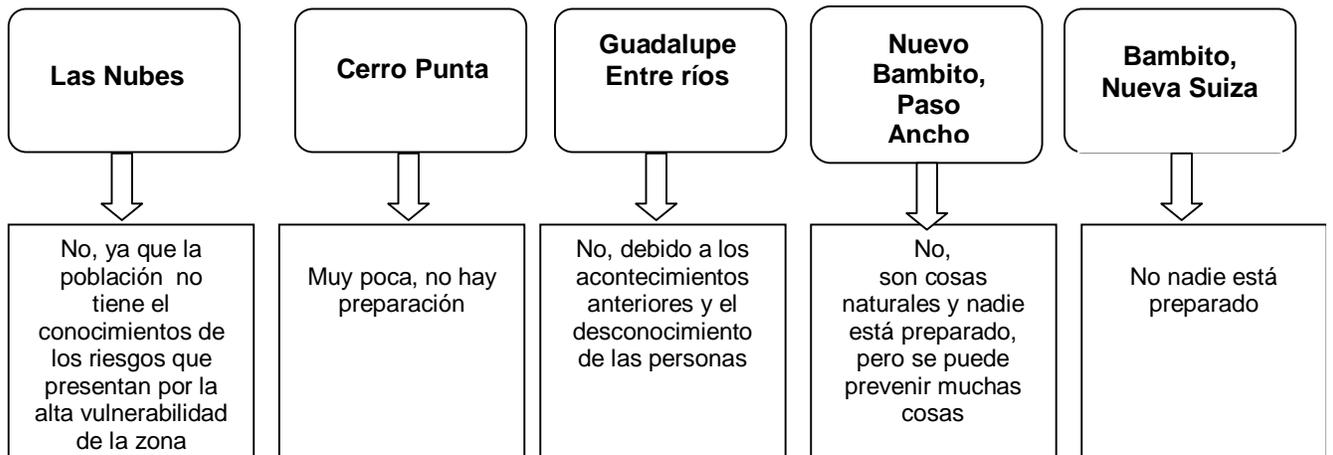
¿Considera usted le corresponde responsabilidad a) directa; b) indirecta sobre la prevención y preparación para eventos de inundaciones en la zona de estudio?



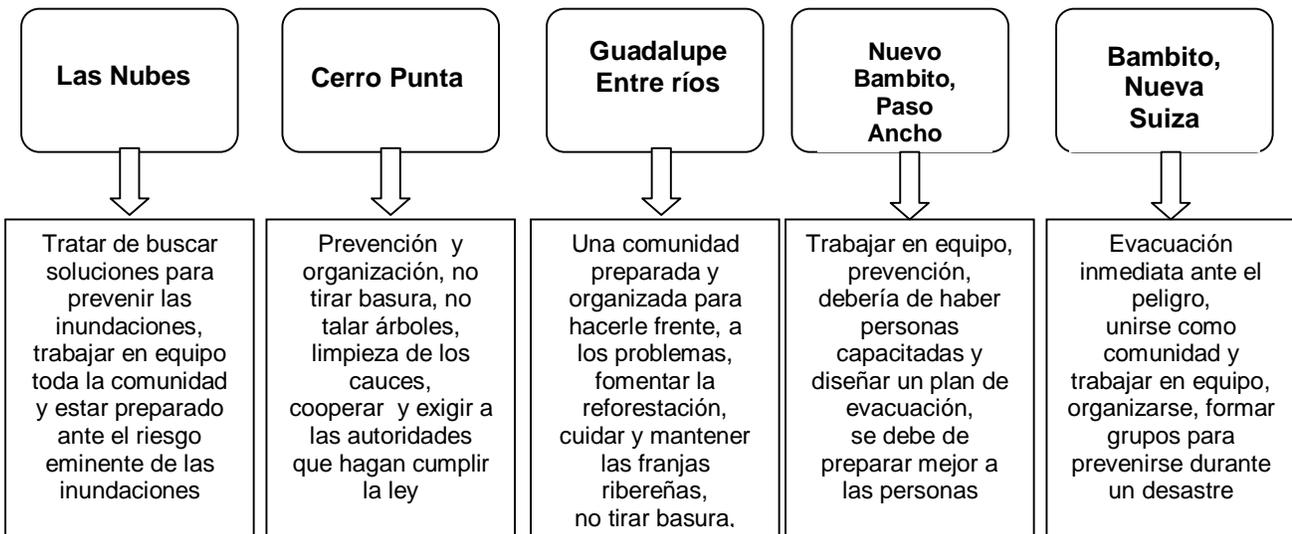
¿Considera usted que el Municipio debe destinar de manera permanente un presupuesto para la prevención y preparación ante eventos de inundaciones en la zona de estudio?



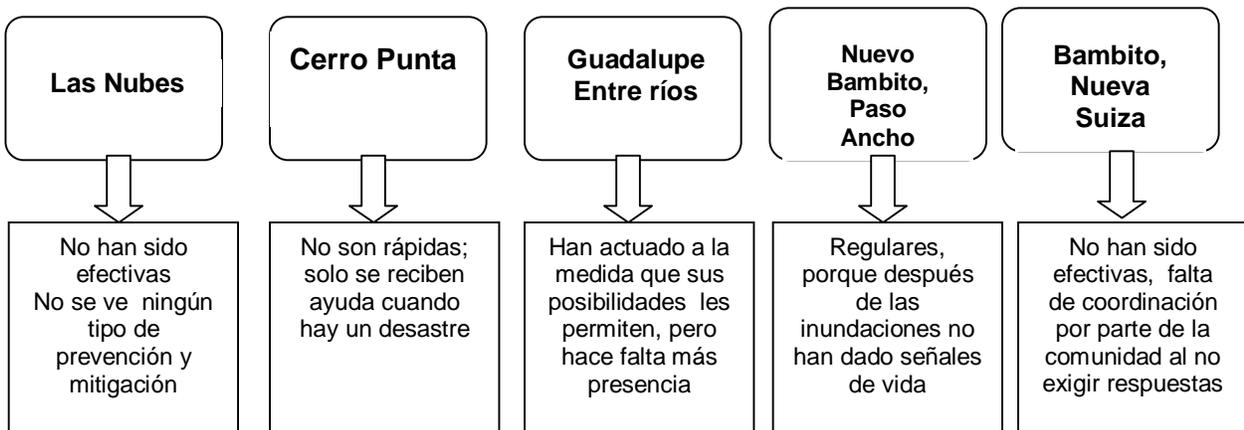
¿Considera usted que las comunidades están preparadas para enfrentar eventos de inundaciones?



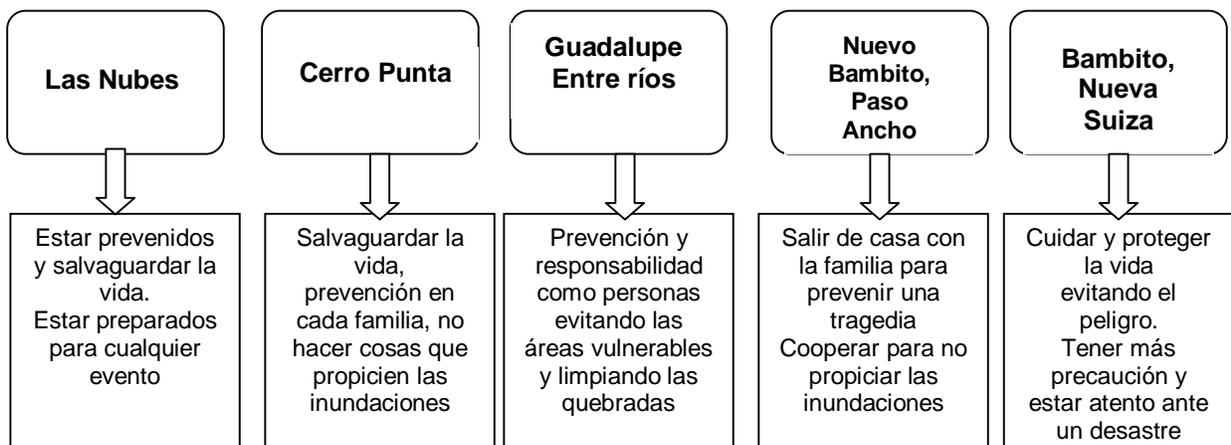
¿Cuál considera usted debe ser el papel de la comunidades ante el riesgo, de inundaciones?



¿Qué tan efectivas ha sido las respuestas por parte de las instituciones encargadas?

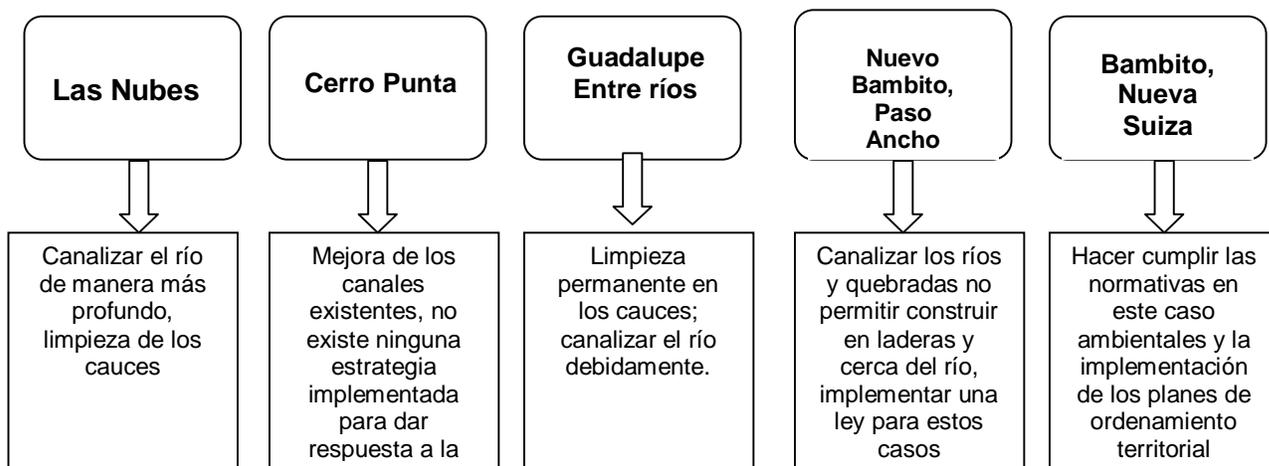


¿Cuál considera usted debe de ser la responsabilidad de cada persona y de cada familia ante el riesgo de inundaciones?

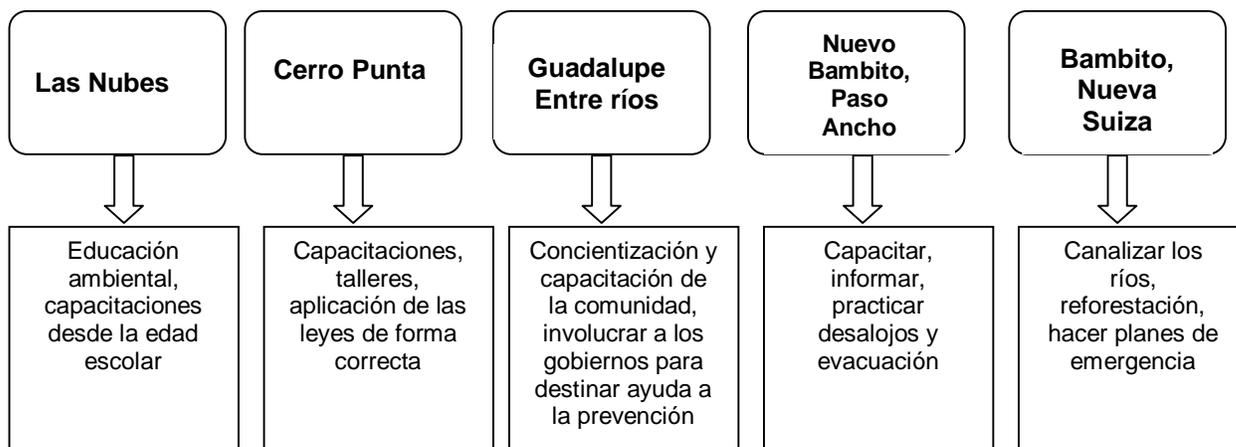


b) Estrategias y acciones que proponen los actores locales para reducir la vulnerabilidad y riesgo ante las inundaciones.

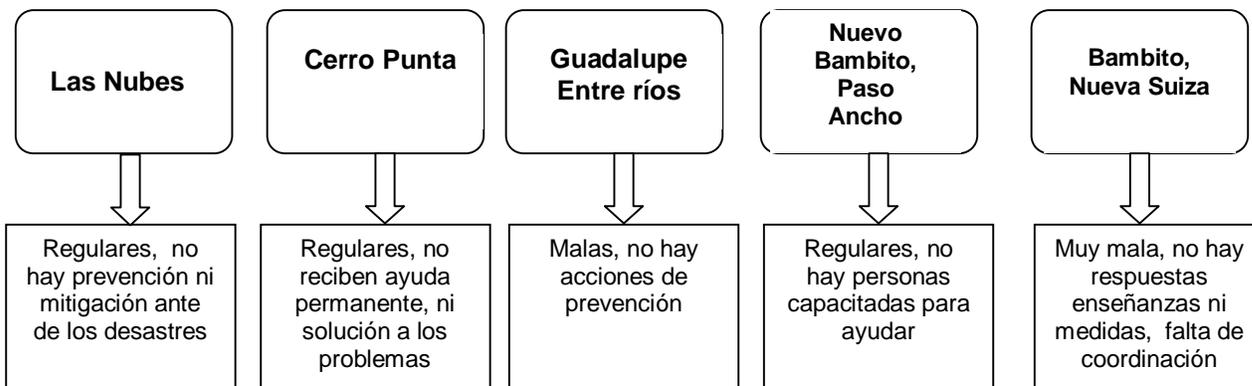
¿Qué estrategias concretas conoce usted que se han implementado, o considera que debería utilizarse para reducir el riesgo de inundaciones?



¿Qué actividades o acciones concretas conoce usted que se han implementado, o considera usted deberían implementarse para reducir el riesgo a inundaciones?



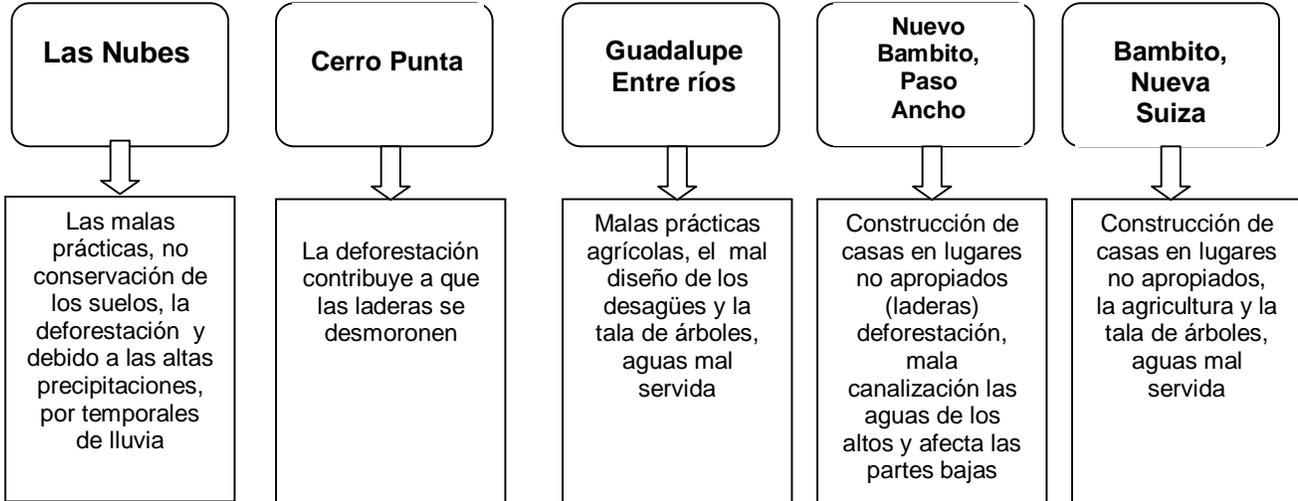
¿Cómo califica las acciones de prevención, mitigación y preparación por parte de las Instituciones correspondientes al tema de inundaciones?



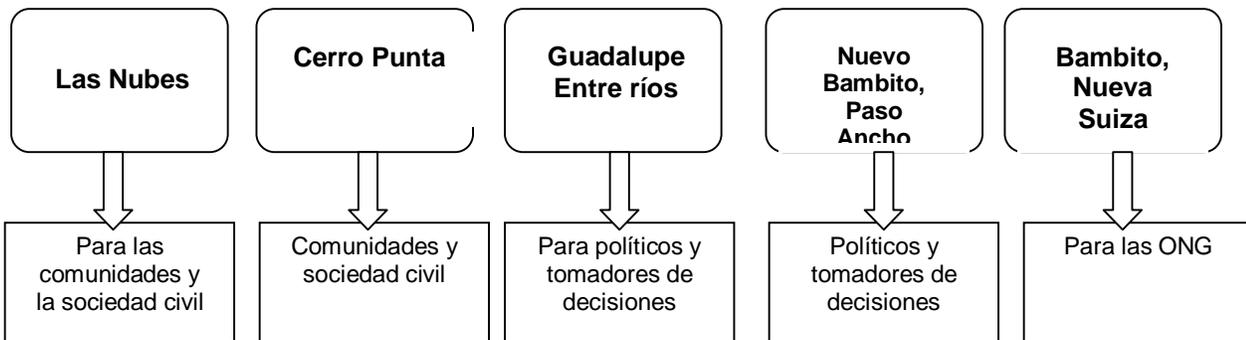
DESLIZAMIENTOS

c) Percepción de los actores locales sobre los deslizamientos

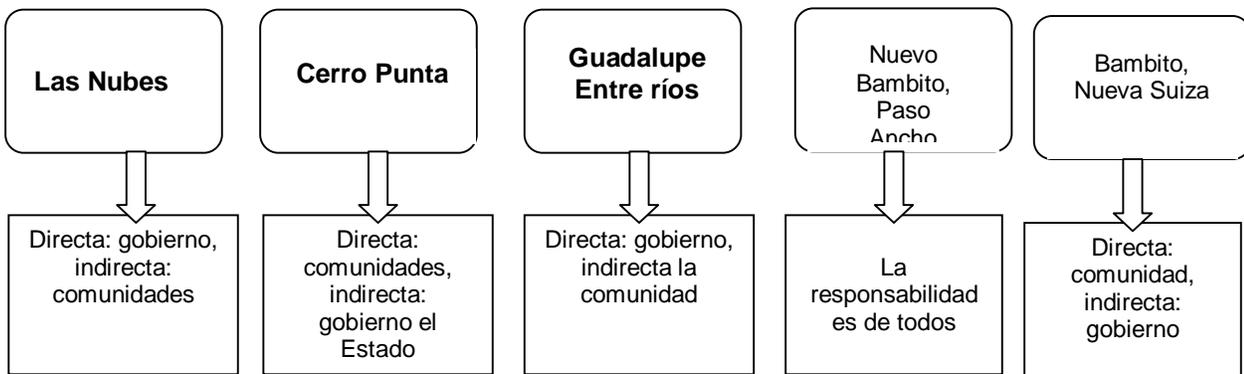
¿Cuáles considera usted son las principales causas de la ocurrencia de deslizamientos en la zona de estudio?



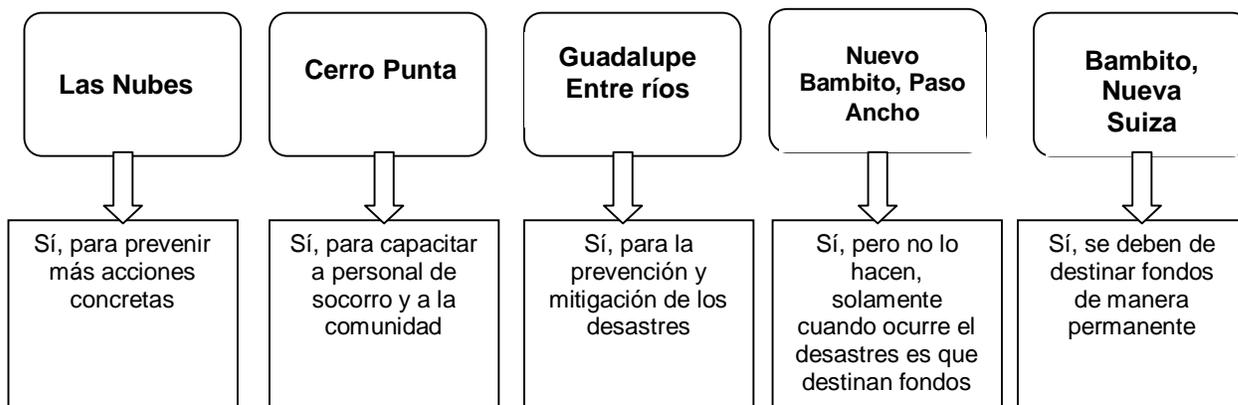
¿Considera usted que el tema de deslizamientos en la zona de estudio es relevante para a) los políticos y tomadores de decisiones; b) para las instituciones del estado; c) para la ONG; d) para las comunidades y sociedad civil?



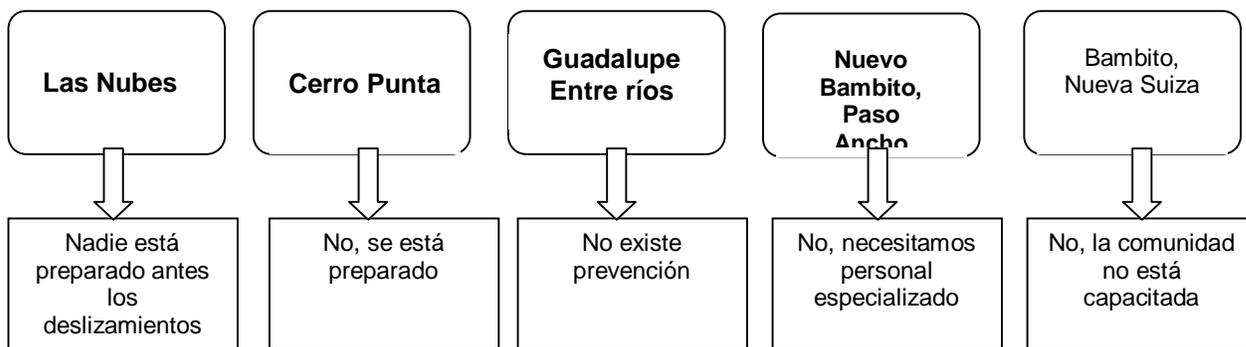
¿A quién considera usted le corresponde responsabilidad a) directa; b) indirecta sobre la prevención y preparación para eventos de deslizamientos en la zona de estudio?



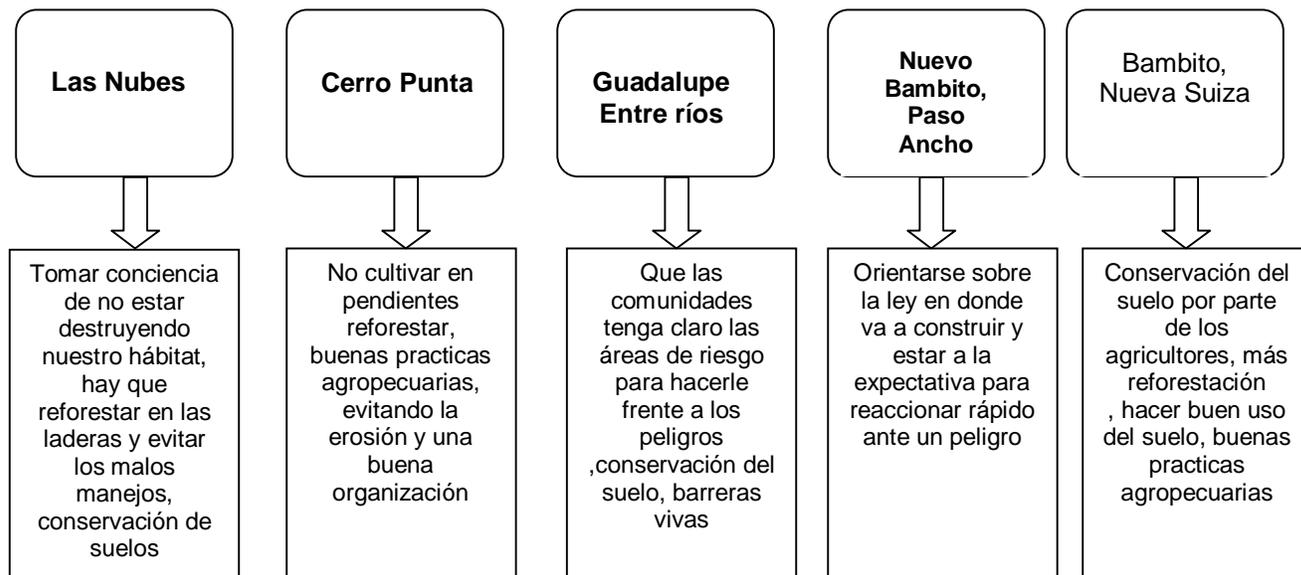
¿Considera usted que el Municipio debe destinar de manera permanente un presupuesto para la prevención y preparación ante eventos de deslizamientos en la zona de estudio?



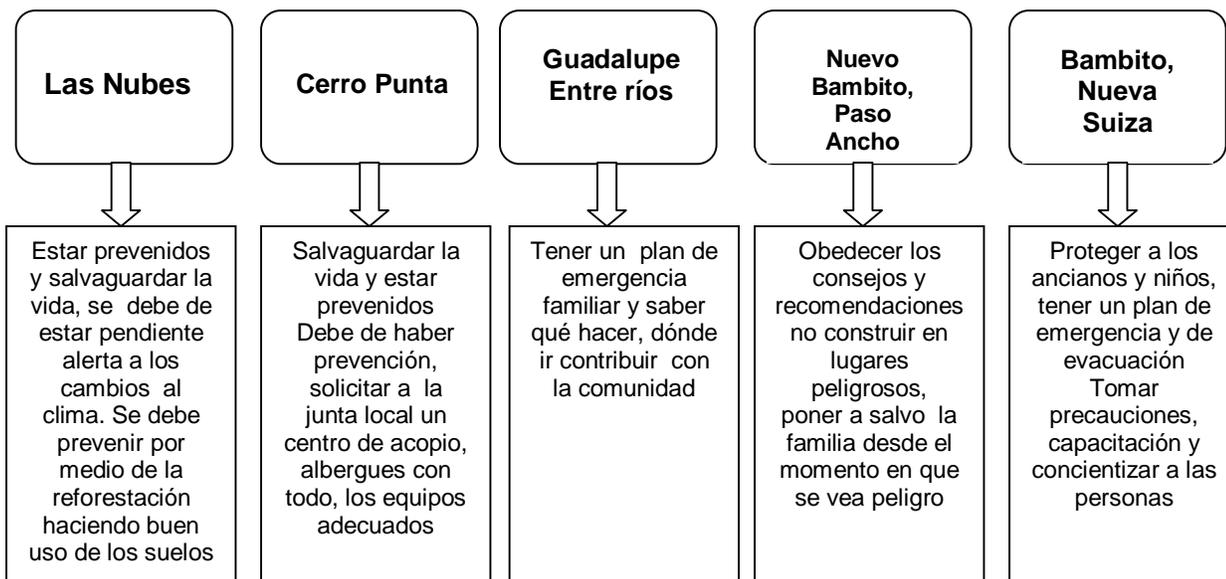
¿Considera usted que las comunidades están preparadas para enfrentar eventos de deslizamientos?



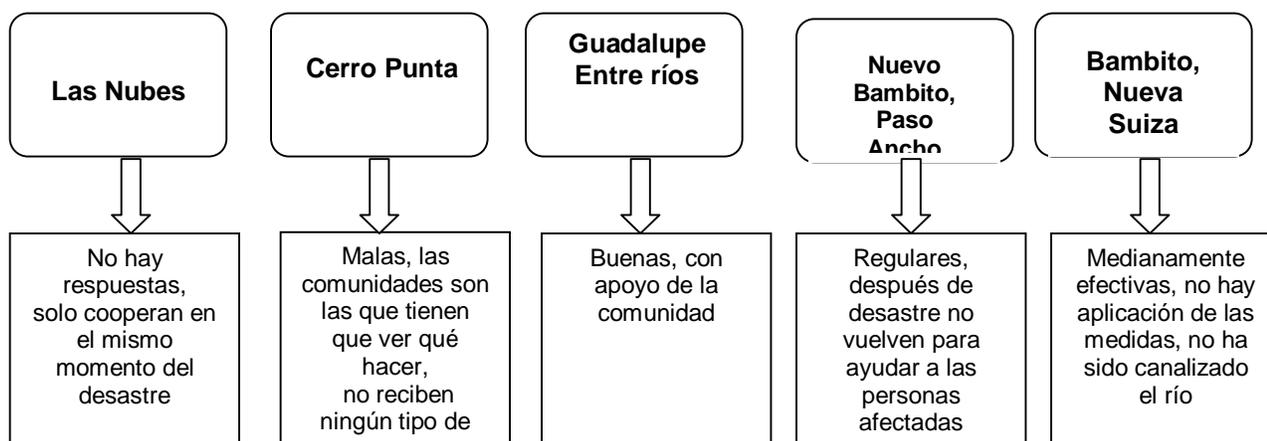
¿Cuál considera usted debe ser el papel de la comunidades ante el riesgo de deslizamientos?



¿Cuál considera usted debe de ser la responsabilidad de cada persona y de cada familia ante el riesgo de deslizamientos?

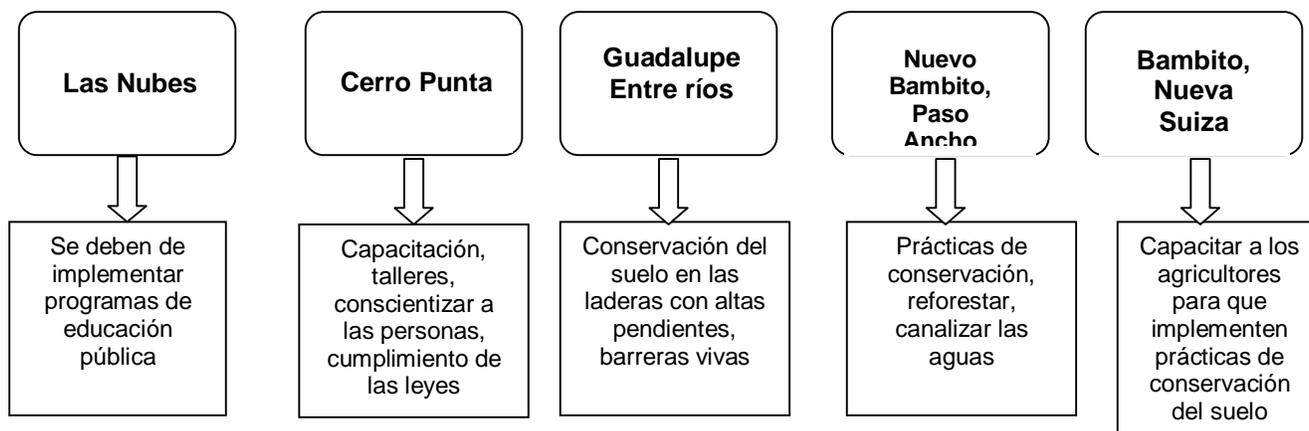


¿Qué tan efectivas ha sido las respuestas por parte de las instituciones encargadas?

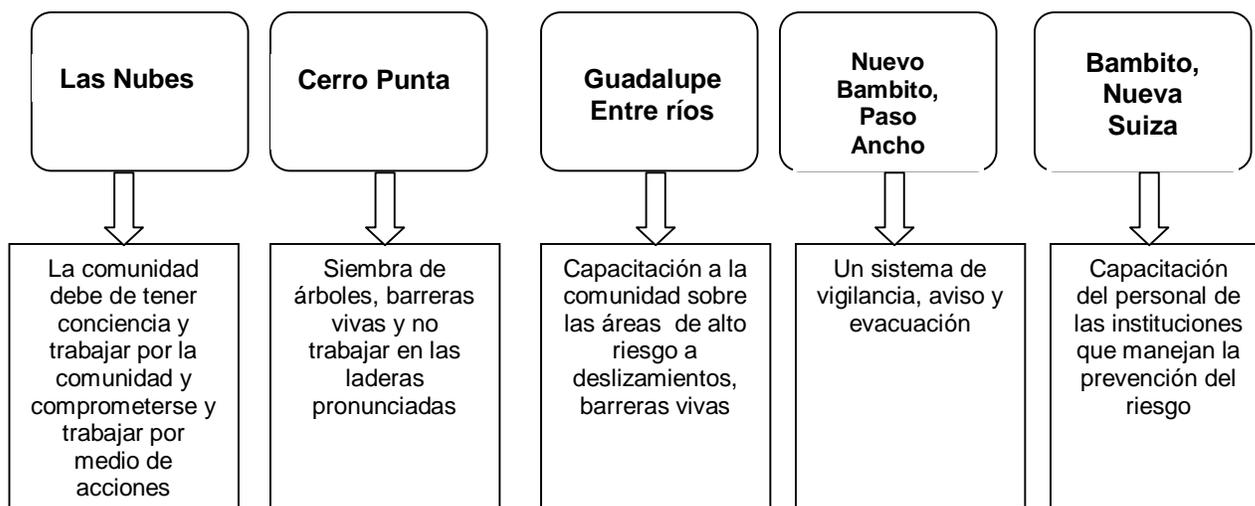


d) Estrategias y acciones que proponen los actores locales para reducir la vulnerabilidad y riesgo a deslizamientos.

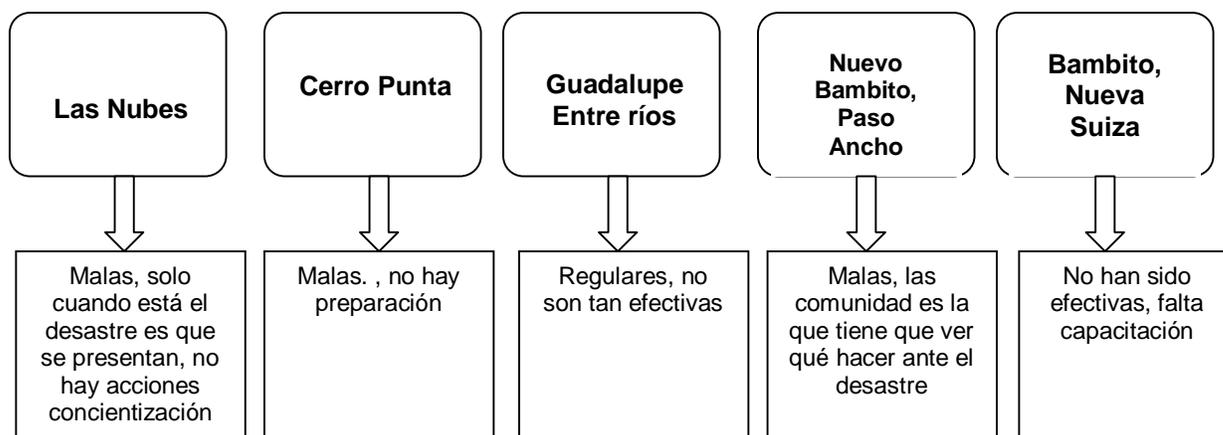
¿Qué estrategias concretas conoce usted que se han implementado, o considera que debería utilizarse para reducir el riesgo de deslizamientos?



¿Qué actividades o acciones concretas conoce usted que se han implementado, o considera usted deberían implementarse para reducir el riesgo a deslizamientos?



¿Cómo califica la acciones de prevención, mitigación y preparación por parte de las instituciones correspondientes al tema de deslizamientos?



El análisis de los datos permitió la creación del perfil característico sobre la percepción del riesgo. Este abordaje es importante debido a en que una comunidad el riesgo es construido a partir de un entramado social en donde la percepción juega un papel fundamental dentro del proceso. Murgida (2004) indica que la percepción, permite identificar como el riesgo es entendido construido y reproducido; esto posibilita la autogestión comunitaria en la medida en que las personas desarrollen acciones concretas para afrontar su situación de riesgo en su comunidad.

Según Lavell (2003), los riesgos de desastre naturales son propios de cada comunidad y territorio y dependen de su grado de vulnerabilidad y exposición a fenómenos naturales. Por ende, su gestión debe ser autónoma y descentralizada, estar a cargo de la autoridad local del territorio en riesgo y contar con la participación informada y activa de sus

actores claves. Del grado de gobernabilidad y organización de la comunidad depende la efectividad de la gestión.

Al conocer las opiniones de los actores claves con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos, se puede evidenciar que las comunidades identifican tres causas principales que originan las inundaciones y los deslizamientos en la zona de estudio: la tala de bosque (que eliminan la cobertura vegetal y aumentan la escorrentía), y la agricultura en laderas (que causa erosión) y cuyos sedimentos aumentan el caudal de las crecidas) y las altas precipitaciones que se presentan en la parte alta de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.

Con relación a los deslizamientos, las comunidades son conscientes de la relación que existe entre los recursos naturales y los desastres. Las personas han visto que las partes donde se dan deslizamientos es donde el bosque se ha cortado, ya que donde hay bosque, casi no se ven deslizamientos. Hamilton (2009) indica que los bosques con sus sistemas de raíces más fuertes y profundas reducen el peligro de deslizamientos superficiales. En cuanto a las inundaciones, las mismas comunidades señalan que la falta de aplicación de las leyes en cuanto a los límites donde se construyen asentamientos humanos es una problemática, ya que si se construyen en las riberas de los ríos, pueden ser los más afectados, debido al aumento de los caudales, socavación de los márgenes del río o desbordamiento de los mismos..

Es importante señalar, que en la zona de estudio, en el año 2008, se conformaron los comités de emergencia y fue la misma comunidad que decidió crearlos, pero los mismos no reciben apoyo de parte de las instituciones y organizaciones encargadas de la mitigación de los desastres naturales (AMISCONDE 2010).

En cuanto a las estrategias para reducir el riesgo de inundaciones y deslizamientos, la percepción de la comunidad es que en la zona de estudio, no se cuenta con la preparación ni capacitación para hacerle frente a estas amenazas. Se deben de implementar estrategias concretas como lo son informar y capacitar a la comunidad de los riesgos que se presentan en la zona, así como también el establecimiento de los planes de emergencias y simulacros para orientar y preparar a la población ante la ocurrencia de posibles eventos que pueden causar desastres.

Son necesarias acciones concretas en la zona de estudio para reducir los riesgo a inundaciones y deslizamientos; entre las más importantes se pueden señalar: evitar y planificar la construcción de viviendas en áreas vulnerables, estabilización de laderas con técnicas adecuadas, conservación del suelo, canalización del río y capacitar a la comunidad sobre las zonas más vulnerables.

Uno de los pilares fundamentales de la gestión del riesgo es la integración de las personas como elemento claves.

Bermúdez (1993) indica que la gestión del riesgo plantea trabajar para, desde y con la comunidad. Es vital conocer el proceso detrás de la priorización que hacen las comunidades de los riesgos que atraviesan.

La preparación ante un riesgo, busca, como su nombre lo indica, el más adecuado alistamiento de la comunidad (Estado y particulares) para afrontar el desastre: entre otras medidas incluye el establecimiento de comités de emergencia, montaje de sistemas de alarma, elaboración de planes de evacuación y contingencia, preparación de albergues, acopio y almacenamiento de recursos, etc. (Wilches-Chaux 1989).

Es importante que las instituciones u organizaciones conozcan la situación de riesgo en la que se encuentran y entender las causas y características de lo que ellos y ellas perciben como riesgo, así como las implicaciones de vivir día a día en esa situación (Maskrey 1993).

5. CONCLUSIONES

- .. Las comunidades de Bambito, Las Nubes y Paso Ancho registraron un mayor número de inundaciones históricas en la zona de estudio, mientras que las comunidades de Las Nubes y Nueva Suiza son las comunidades más afectadas por los deslizamientos, por lo tanto deberían ser priorizadas para la implementación de acciones de gestión del riesgo.
- .. Las actividades de origen antrópico, relacionadas principalmente a la deficiente planificación y uso del suelo y malas prácticas agropecuarias, fueron identificadas entre las principales causas de las inundaciones y deslizamientos en la zona de estudio.
- .. La alta vulnerabilidad de las comunidades a inundaciones (76%) y a deslizamientos (74%) indica la urgencia de implementar acciones concretas para reducir la misma y con ello el riesgo a desastres en la zona de estudio.
- .. Las lluvias intensas y prolongadas, el desarrollo de infraestructura y asentamientos humanos a orillas de ríos, sin las obras hidráulicas correspondientes para el drenaje del agua lluvia, y en partes bajas, suelos arenosos con pendiente pronunciada resultaron factores importantes en la determinación de áreas de alto riesgo a inundaciones y deslizamientos de tierra.
- .. Los sectores con mayor susceptibilidad a deslizamientos resultaron con la aplicación de la metodología de Varshon – Mora, ser las zonas ribereñas y los poblados, así como las vías construidas a media ladera y las zonas de altas pendientes.
- .. Con la aplicación de la metodología de Vahrson - Mora, la mayor superficie de la subcuenca se encuentra en categoría de amenaza moderada, por lo que se presume menos posibilidad de que se produzcan inundaciones en esta zona..
- .. Las áreas señaladas de mayor riesgo como resultado de la metodología de Vahrson-Mora, coinciden, en general, con aquellas que los pobladores consideran críticas por la incidencia de deslizamientos.
- .. Los mapas comunitarios en complemento con métodos más elaborados, utilizando SIG, permiten, entre ambos, identificar los sitios de de mayor amenaza de inundaciones puede ser utilizado como herramienta en el proceso de toma de decisiones para disminuir el riesgo por estos fenómenos.
- .. La falta de información sobre precipitación (pluviogramas) y caudales (hidrogramas) determinó que se tuvieron que simular las tormentas por lo que los resultados

generados de "FLOODAREA" deben de ser tomados como datos sintéticos, hasta que el modelo pueda ser alimentado con datos observados.

- .. El modelo y mapas de amenaza para el pronóstico de inundaciones permitió identificar espacial y temporalmente, en forma previa, la amenaza por inundaciones.
- .. La determinación de áreas críticas a inundaciones presentada en este trabajo, utilizando el modelo de simulación "Flood Área", no es determinante ya que no se contó con información precisa y sensible (hidrograma-hietograma adecuado); sin embargo, la simulación puede ser un acercamiento de las zonas que son más susceptibles tomando en cuenta los criterios utilizados para su simulación (marcas en la red de drenajes). La zona Noreste de la parte alta de la cuenca y la comunidad de Guadalupe, presenta en el modelo un mayor desbordamiento en esa parte del río.
- .. En las ocho comunidades investigadas, existen constituidos los comités de emergencia y disposición de las comunidades a participar en la gestión del riesgo, pero los mismos no funcionan activamente por falta de presupuesto, por lo que se debe enfatizar en el fortalecimiento integral de capacidades.
- .. Los actores locales consideran que las autoridades no le dan importancia a la prevención y mitigación de los desastres, sino que solo responden a las emergencias, por lo tanto, se debe reforzar el trabajo conjunto entre los diferentes actores de la cuenca, para hacer de la gestión del riesgo un objetivo común.
- .. Los mapas de amenazas y susceptibilidad (ante inundaciones y deslizamientos) generados en esta investigación como producto de la aplicación de la metodología de Varshon – Mora y el modelo de simulación "Flood Área", constituyen herramientas adecuadas y complementarias para un diagnóstico inicial, pero debe dársele seguimiento operativo y normativo para que cumplan su objetivo.

6. RECOMENDACIONES

- “ Considerar, en la zona de estudio, la implementación de medidas no estructurales de gestión del riesgo como zonificación ambiental y el ordenamiento del territorio; la reubicación de poblaciones y actividades situadas en áreas de riesgo; la creación de un sistema de alerta temprana; formación y capacitación de dirigentes de comunidades. Estas medidas no estructurales de gestión del riesgo deben de ser implementadas por SINAPROC, ANAM, y el Municipio de Bugaba, quienes son las entidades encargadas de velar por la seguridad de los habitantes y proteger al medio ambiente.
- “ Equipar la cuenca con equipos hidrometeorológicos adecuado en diferentes puntos de la misma, para así poder realizar un estudio hidrológico completo del río, y calibrar mejor los programas de simulación, que proporcionen resultados más detallados y que den una mayor aproximación.
- “ Reactivar los comités de emergencia existentes e incluir representación de las entidades comprometidas a prevenir y reducir el riesgo en la zona y asignarles presupuesto para que puedan funcionar. La reactivación de los comités de emergencia debe de ser una iniciativa del Municipio de Bugaba en conjunto con el Sistema de Protección Civil de Panamá (SINAPROC).
- “ El Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), el Instituto de Investigación Agropecuaria (IDIAP) y la Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM), deben de implementar de manera coordinada planes de conservación y uso de suelos sobretodo en aquellas zonas con pendientes más pronunciadas.
- “ Reubicar las familias que están en áreas con alto riesgo. El Ministerio de Vivienda (MIVI) debe de ser el encargado de reubicar a estas familias, brindándole solución de viviendas en lugares que no presenten riesgo alguno. Por su parte el Ministerio de Obras Públicas le corresponde la canalización del río en áreas previamente evaluadas y que requieran de esta acción.
- “ El Ministerio de Educación en conjunto con la Autoridad del Ambiente deben de implementar programas de educación ambiental en los centros educativos, para promover entre los estudiantes una concientización ambiental.
- “ Desarrollar las capacidades de análisis del riesgo a nivel de todas las instituciones involucradas (SINAPROC, ANAM, MIDA, Municipio de Bugaba, ONG), para la toma de decisiones y el trabajo mancomunado de manera coordinada. Esto permitirá generar mayores impactos y evitará la duplicación de esfuerzos.

- .. Utilizar los resultados de esta investigación como instrumento activo para que las autoridades locales (Municipio de Bugaba y SINAPROC) identifiquen las zonas más críticas de inundaciones y deslizamiento en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo.
- .. El uso de estas metodologías (vulnerabilidad, "Flood Área" y Varshon - Mora) en toda la cuenca del río Chiriquí Viejo, para así poder analizar de manera integral el riesgo a inundaciones y deslizamientos.

7. LITERATURA CITADA

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2006. Indicadores ambientales, Informe de indicadores anuales de la República de Panamá, PA. 132 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2008. Elaboración de balances hídricos mensuales oferta-demanda por cuencas hidrográficas propuesta de modernización de las redes de medición hidrometeorológica de la República de Panamá, PA. 27 p.
- Balbuena J.Z. 1989. Estudio de la degradación física de los suelos en la cuenca alta del Río Chiriquí Viejo con fines de conservación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 142 p.
- Bermúdez, M. 1993. Vulnerabilidad social y organización ante los desastres naturales. Revista de Ciencias Sociales. Universidad de Costa Rica, CR. 131 p.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2004. Gestión de riesgo a desastres naturales. Consultado el 7 de agosto de 2009. Disponible en <http://www.iadb.org/topics/topic.cfm?lang=es&id=nadi>
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) 2000. El desafío de los desastres naturales en América Latina y el Caribe: Plan de acción del BID, Washington, D.C., Departamento de Desarrollo Sostenible.
- Buch, MS. 2001. Evaluación del riesgo a deslizamiento en la subcuenca Matanzas, río Polochic. Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 171 p
- Campaña, S. 2002. Manejo integral de cuencas hidrográficas. Taller de manejo ambiental de cuencas. Santiago de Chile, SC. 2 p.
- CEPRENAC; EIRD; 2002. Iniciativas de reducción de riesgo a desastres en Centroamérica y República Dominicana: una revisión de recientes desarrollos 1997-2002. La Red. 66 p.
- Contraloría General de la República, 2000. Dirección de Estadística y Censo. Censos Nacionales de Población y Vivienda. República de Panamá, PA. 45 p.
- Conledo, P. 2006. Análisis de deslizamientos en la Ciudad utilizando sistemas de información geográfica. Tesis de la Universidad del Valle. Guatemala, GT. 103 p.
- CRID (Centro Regional de información de desastres America Latina y el Caribe). 2009. Deslizamientos en America Latina y el Caribe. Consultado el 28 de septiembre de 2009. Disponible en www.crid.or.cr/
- EIRD (Estrategia internacional para la reducción de desastres). 2009. Reducción del riesgo a desastres. Consultado el 17 de Agosto de 2009. Disponible en <http://www.unisdr.org/eng/terminology/UNISDR-Terminology-Spanish.pdf>
- ETESA (Empresa de Transmisión Eléctricas S.A. Gerencia de Hidrometeorología). 2008. Frente Frío y Baja Presión que afecto la Provincia de Chiriquí y Bocas del Toro (en

- línea). PA. Consultado 5 Agosto 2009. Disponible en <http://www.redhum.org/emergencias-244-Inundaciones-en-Panamá-y-Costa-Rica---noviembre-2008.html>
- ETESA (Empresa de Transmisión Eléctricas S.A. Gerencia de Hidrometeorología). 2001. Informe hidrometeorológico anual. República de Panamá, PA. 24 p.
- Fagen, PN. 2008. Natural disaster in Latin America and the Caribbean: national regional and international interactions. London. UK. 36 p.
- Gelman O. 1996. Desastres y Protección Civil: Fundamentos de Investigación Interdisciplinaria. UNAM. CR. 158 p.
- Hamilton, LS. 2009. Los bosques y el agua. Roma, IT, FAO. 86 p.
- Hubp, J., ZO, J. 2005. "Los procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla, octubre de 1999: Causas y efectos". MX. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 22, núm. 2, pp. 212-228
- IGNTG (Instituto Geográfico Nacional Tomy Guardia). 1985. PA. Hojas topográficas de las cuencas seleccionadas. Escala 1:50,000. República de Panamá, PA. 2 p.
- Jiménez, F. 2009. Apuntes clase del curso de Manejo de Desastres Naturales. CATIE. CR. 2009
- Lavell. A. 2003. Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso. Los desastres no son naturales. Marskey. A. comp. CO. La Red. 111-127p.
- Maskrey, A. 1993. Vulnerabilidad y mitigación de desastres. In Maskrey, A. comp. Los desastres no son naturales. Colombia, La Red. 111-134 p.
- Medina, J. 1991. Fenómenos geodinámicos. Tecnología intermedia. Lima, PE. 85 p.
- MET-ALARN. 2005. Inundaciones fluviales. Instituto nicaraguense de estudios territoriales. Managua, NI.15-21 p.
- Mora C.R, Chávez G., Vasquez F.M. 1992. Zonificación de la susceptibilidad al deslizamiento: resultado obtenidos para la península de Papagayo mediante la modificación del método Vahrson-Mora. Sección Geotecnia e Hidrogeología. Escuela Centroamericana de Geología Universidad de Costa Rica. Consultada el 20 de Agosto de 2009. Disponible en <http://bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>
- Mora, CR. 2004. Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, CR. 17 p.
- OLCINA C. 1994. Riesgos climáticos en la Península Ibérica. Libros Penthalon, Madrid. ES. 440 p.

- OEA (Organización de Estados Americanos US). 2000a. Desastres, Planificación y Desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir los daños (en línea). USA. Consultado 21 de septiembre. 2002. Disponible en <http://www.oas.org/defaultesp.htm>
- PARDÉ, M. (1961): Sur la puissance des crues en diverses parties du monde. Geographica, nº monográfico, Zaragoza. ES. 293 p.
- PNUD. 2004. La gestión local del riesgo: nociones en torno al concepto y la práctica. Programa regional para la gestión del riesgo en America Central. Estados Unidos, EU. 35 p.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).2008. Temporales causan 167 muertos y más de 600 mil damnificados en Latinoamérica (en línea). Panamá. Consultado 6 Agosto 2009. Disponible en <http://www.pnuma.org/informacion/noticias/2008-11/27/>
- 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.
- 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.
- Saborio, J. 2003. Estudio del riesgo integral en la cuenca del Río Savegre. ICE proyectos y servicios asociados. CR. 78 p.
- Salazar M.G. 2007. Modelaje de la amenaza al deslizamiento mediante sistema de información geográfico -Ilwis-, utilizando el método Mora-Varhrson 1991. Jornadas PROHIMET. Consultado el 27 de septiembre de 2009. Disponible en hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/Br07/Comunicaciones/Salazar.pdf
- Salgado M.G. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Hondura. Tesis MSc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p.
- SINAPROC. 2008. Informe de Frente fríos en Panamá y Chiriquí. Consultado el 3 de Agosto de 2009. Disponible en <http://www.sinaproc.gob.pa/>
- Soldano, A. 2007. Mapa de Susceptibilidad Urbana Ante Inundaciones, Caso: Ciudad de Goya, Provincia de Corrientes. AR. Universidad de Luján. 8 p.
- Universidad de Panamá. 2007. Deslizamientos, folleto informático e instructivo. Publicación interna. PA. 4 p.
- Velásquez, S. 2009. Apuntes clase del curso Sistema de Información Geográfica (SIG). CATIE, Turrialba, CR. 38 p.
- Wilches-Chaux, G.1989. La vulnerabilidad global. In: Los desastres no son naturales. Bogota, CO, Maskrey, A. ed. La Red. pp. 9-47.

- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad Global. In Los desastres no son naturales. CO. Marskey, A. Comp. La Red
- Wilches-Chaux, G. (1998). Auge, Caída y Levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y Soldador o yo voy correr el Riesgo: Quito, EC. Guía de La Red para la Gestión Local del Riesgo. La Red. IT.

ANEXOS

ANEXO 1. Guía de entrevistas de eventos históricos de inundaciones y deslizamiento



GUÍA DE ENTREVISTAS DE EVENTOS HISTÓRICOS DE INUNDACIONES

No. _____

Y DESLIZAMIENTO

Coordenadas del evento: N: _____
W: _____

DATOS GENERALES

Dirigida a:

- .. Instituciones
- .. Comunidades

Nombre del Entrevistado: _____

Lugar de la Entrevista: _____

Fecha: _____

Hora: _____

INFORMACIÓN GENERAL DEL EVENTO

1) Evento: _____

2) Fecha en que se registro el evento: _____

3) Lugar donde ocurrió el evento: Corregimiento: _____

Comunidad: _____, Barrio: _____

4) Tipo de evento:

- .. Repentina
- .. Fluviales
- .. Otras: _____

5) Magnitud (área afectada, altura que llegó): _____

6) Causas (reales y posibles): Ejemplo:

- .. Lluvia estacional
- .. Lluvia alta intensidad
- .. Fenómenos atmosféricos (frentes fríos, huracanes)
- .. Cabezas de agua
- .. Avalanchas
- .. Factores antrópico (actividad del ser humano)
- .. Otros (explique): _____

7) ¿Cuales son los daños causados?:

a) personas afectadas y cómo;

.. Muertos

.. Heridos

.. Otros (explique): _____

b) infraestructura comercial y de servicios; _____

c) ¿Cuál es el número de viviendas afectadas; _____

.. Perdida total: _____

.. Perdida parcial: _____

d) ¿Cual ha sido el daño ecológico? Explique; _____

8) ¿Qué se hizo en medidas de rehabilitación o de prevención y por parte de quién?

Observaciones: _____

ANEXO 2. Lista de participantes a taller de vulnerabilidad

Nombre	Comunidad
1. Victor Pitty	Guadalupe
2. Onecido González	Guadalupe
3. Lidia Gonzalez	Guadalupe
4. José Caballero	Guadalupe
5. Maury Santamaría	Guadalupe
6. Francisco Santamaría	Guadalupe
7. Leonardo Montezuma	Guadalupe
8. Johana Caballero	Entre Ríos
9. Ana Sánchez	Entre Ríos
10. Evila Samudio	Entre Ríos
11. Ramira Moreno	Entre Ríos
12. Ismael Ríos	Entre Ríos
13. Ing. Edgardo Vega	Cerro Punta
14. Damian Rodríguez	Cerro Punta
15. Marloth De León	Cerro Punta
16. Diogenes Pitty	Cerro Punta
17. Alvaro Alvarez	Cerro Punta
18. Viviana Perez	Paso Ancho
19. Dayra E. Cortes	Paso Ancho
20. José Serrano	Nueva Suiza
21. Osvaldo Ledezma	Nueva Suiza
22. Omaira de Espinoza	Nueva Suiza
23. Amarilis Rodríguez	Nueva Suiza
24. Rafael Serrano	Nueva Suiza
25. Dionisio Castillo	Nueva Suiza
26. Anabel Morales	Las Nubes
27. Flora Amador	Las Nubes
28. Marco Jordán	Las Nubes
29. Minerva Grajales	Las Nubes
30. Fermina Gómez	Las Nubes
31. Sabino Caballero	Las Nubes
32. Ángel Gómez	Bambito
33. Ing. David Samudio	Bambito
34. Ing. Ramón Rivera	Amisconde
35. Ulises Villarreal	SINAPROC

ANEXO 3. Formato de entrevistas sobre la percepción de los actores claves con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos, así como estrategias y acciones para reducir el riesgo.

Determinar la percepción de actores claves con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos, así como estrategias y acciones para reducir el riesgo

INSTITUCIONES (APLICA COMUNIDAD)

Inundaciones

1 ¿Cuáles considera usted son las principales causas de la ocurrencia de inundaciones en la zona de estudio?

2. ¿Considera usted que el tema de inundaciones en la zona de estudio es relevante para a) los políticos y tomadores de decisiones; b) para las instituciones del estado; c) para las ONG; d) para las comunidades y sociedad civil?

3 ¿A quién considera usted le corresponde responsabilidad a) directa; b) indirecta sobre la prevención y preparación para eventos de inundaciones en la zona de estudio?

4. ¿Considera usted que el municipio debe destinar de manera permanente un presupuesto para la prevención y preparación ante eventos de inundaciones en la zona de estudio?

5- ¿Qué estrategias concretas conoce usted que se han implementado, o considera que debería utilizarse para reducir el riesgo de inundaciones?

6. ¿Qué actividades o acciones concretas conoce usted que se han implementado, o considera usted deberían implementarse para reducir el riesgo a inundaciones?

7. ¿Considera usted que la comunidades están preparadas para enfrentar eventos de inundaciones ; sí o no, por qué?

Deslizamientos

1 ¿Cuáles considera usted son las principales causas de la ocurrencia de deslizamientos en la zona de estudio?

2. ¿Considera usted que el tema de deslizamientos en la zona de estudio es relevante para a) los políticos y tomadores de decisiones; b) para las instituciones del estado; c) para las ONG; d) para las comunidades y sociedad civil?

3 ¿A quién considera usted le corresponde responsabilidad a) directa; b) indirecta sobre la prevención y preparación para eventos de deslizamientos en la zona de estudio?

4. ¿Considera usted que el municipio debe destinar de manera permanente un presupuesto para la prevención y preparación ante eventos de deslizamientos en la zona de estudio?

5- ¿Qué estrategias concretas conoce usted que se han implementado, o considera que debería utilizarse para reducir el riesgo a deslizamientos?

6. ¿Qué actividades o acciones concretas conoce usted que se han implementado, o considera usted deberían implementarse para reducir el riesgo a deslizamientos?

7. ¿Considera usted que la comunidades están preparadas para enfrentar eventos de deslizamientos; sí o no, por qué?

—

COMUNIDAD

Inundaciones

1. ¿Como califica la acciones de prevención, mitigación y preparación por parte de las Instituciones correspondiente al tema de inundaciones

2. Existen organizaciones comunales (comités de emergencias, brigadas etc)? ¿Cuántas existen en la comunidad? _____

3. Estas organizaciones comunales reciben algún tipo de apoyo por parte de las Instituciones u Organizaciones encargadas de la mitigación de los desastres naturales. _____

4. ¿Cuál considera usted debe ser el papel de la comunidades ante el riesgo de inundaciones ?

—

5. ¿que tan efectivas ha sido las respuestas por parte de las instituciones encargadas? _____

6. ¿Cuál considera usted debe ser la responsabilidad de cada persona y de cada familia ante el riesgo de inundaciones ?

Deslizamientos

1. ¿Como califica la acciones de prevención, mitigación y preparación por parte de las Instituciones correspondiente al tema de deslizamientos?

2. Existen organizaciones comunales (comités de emergencias, brigadas etc)? ¿Cuántas existen en la comunidad?

3. Estas organizaciones comunales reciben algún tipo de apoyo por parte de las Instituciones u Organizaciones encargadas de la mitigación de los desastres naturales.

4. ¿Cuál considera usted debe ser el papel de la comunidades ante el riesgo de deslizamientos?

5. ¿que tan efectivas ha sido las respuestas por parte de las instituciones encargadas?_____

6. ¿Cuál considera usted debe ser la responsabilidad de cada persona y de cada familia ante el riesgo de deslizamientos?_____

ANEXO 4. Estimación de la lluvia máxima de las estaciones meteorológicas seleccionadas

ESTACIÓN : CERRO PUNTA	
Lluvia maxima de 24 horas	
5 años	99.15
10 años	115.97
50 años	152.98
100 años	168.62

ESTACIÓN : BAJO GRANDE	
Lluvia máxima 24 horas	
5 años	176.49
10 años	215.44
50 años	301.16
100 años	337.4

ESTACIÓN : CERRO PUNTA	
Lluvia maxima de 72 horas	
5 años	163.18
10 años	189.07
50 años	246.05
100 años	270.14

ESTACIÓN : BAJO GRANDE	
Lluvia máxima 72 horas	
5 años	214.28
10 años	253.16
50 años	338.72
100 años	374.89

ESTACIÓN : los naranjos	
Lluvia maxima de 24 horas	
5 años	138.67
10 años	159.6
50 años	205.66
100 años	225.13

ESTACIÓN : lerida	
Lluvia máxima 24 horas	
5 años	120.58
10 años	139.21
50 años	180.23
100 años	197.57

ESTACIÓN : los naranjos	
Lluvia maxima de 72 horas	
5 años	213.98
10 años	247.94
50 años	322.67
100 años	354.26

ESTACIÓN : lerida	
Lluvia máxima 72 horas	
5 años	195.86
10 años	225.24
50 años	289.91
100 años	317.25

ESTACIÓN : COTITO	
Lluvia maxima de 24 horas	
5 años	148.94
10 años	170.81
50 años	218.95
100 años	239.3

ESTACIÓN : COTITO	
Lluvia máxima 72 horas	
5 años	204.12
10 años	227
50 años	277.34
100 años	298.62

ANEXO 5. Estimación de la lluvia máxima de las estaciones meteorológicas seleccionadas, para el evento del mes del Noviembre del 2008.

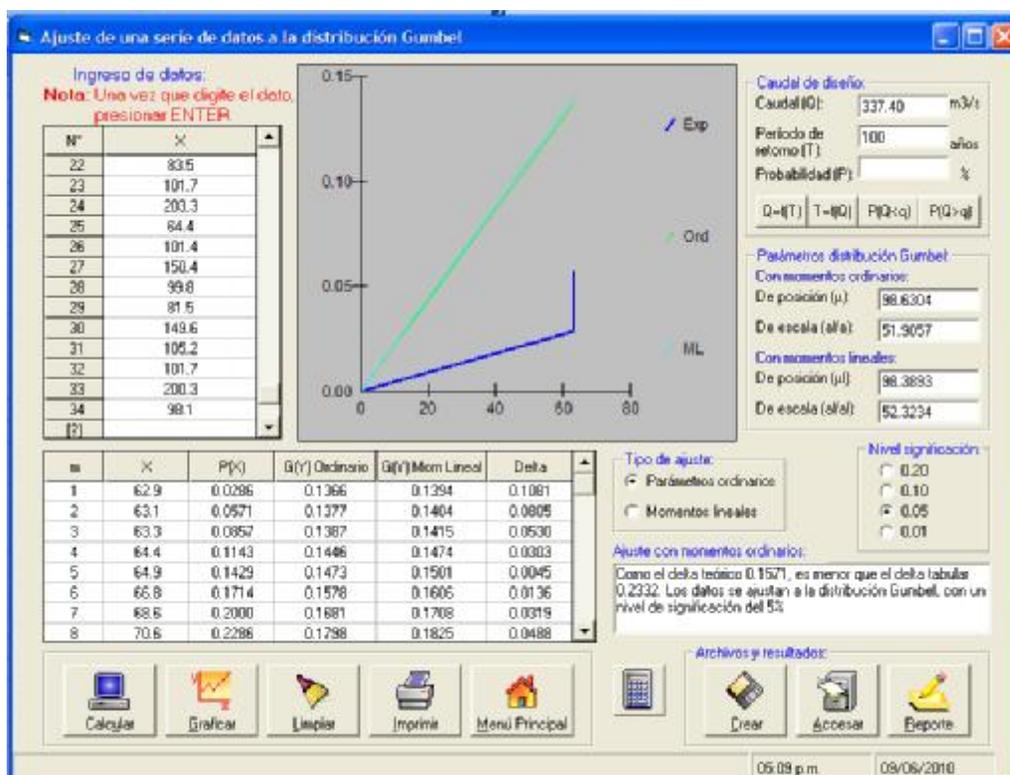
24 HORAS	
ESTACIÓN : CERRO PUNTA	
Nov-08	Tiempo de Retorno
174.3	128.7 años

24 HORAS	
ESTACIÓN : CERRO PUNTA	BAJO GRANDE
Nov-08	Tiempo de Retorno
202.8	8.2 años

72 HORAS	
ESTACIÓN : CERRO PUNTA	
Nov-08	Tiempo de Retorno
253.4	61.7 años

72 HORAS	
ESTACIÓN : CERRO PUNTA	BAJO GRANDE
Nov-08	Tiempo de Retorno
367.5	86.8 años

ANEXO 6. Datos de precipitación utilizados para determinar los distintos periodos de retorno con la distribución de Gumbel para un periodo de retorno de 10 y 100 años



Periodo de retorno de 100 años

Serie de datos X	
N°	X
1	66.8
2	182.9
3	64.9
4	244.2
5	92.6
6	62.9
7	76.9
8	104.1
9	125.8
10	68.6
11	70.6
12	141.3
13	63.3
14	199.6
15	81.2
16	270.9
17	249.7
18	63.1

19	111.6
20	204.2
21	286.0
22	83.5
23	101.7
24	203.3
25	64.4
26	101.4
27	150.4
28	99.8
29	81.5
30	149.6
31	105.2
32	101.7
33	200.3
34	98.1

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	62.9	0.0286	0.1366	0.1394	0.1081
2	63.1	0.0571	0.1377	0.1404	0.0805
3	63.3	0.0857	0.1387	0.1415	0.0530
4	64.4	0.1143	0.1446	0.1474	0.0303
5	64.9	0.1429	0.1473	0.1501	0.0045
6	66.8	0.1714	0.1578	0.1606	0.0136
7	68.6	0.2000	0.1681	0.1708	0.0319
8	70.6	0.2286	0.1798	0.1825	0.0488
9	76.9	0.2571	0.2187	0.2214	0.0384
10	81.2	0.2857	0.2468	0.2493	0.0389
11	81.5	0.3143	0.2488	0.2513	0.0655
12	83.5	0.3429	0.2623	0.2647	0.0806
13	92.6	0.3714	0.3252	0.3273	0.0462
14	98.1	0.4000	0.3641	0.3658	0.0359
15	99.8	0.4286	0.3762	0.3778	0.0524
16	101.4	0.4571	0.3875	0.3890	0.0696
17	101.7	0.4857	0.3896	0.3911	0.0961
18	101.7	0.5143	0.3896	0.3911	0.1247
19	104.1	0.5429	0.4066	0.4080	0.1363
20	105.2	0.5714	0.4143	0.4156	0.1571
21	111.6	0.6000	0.4589	0.4598	0.1411
22	125.8	0.6286	0.5530	0.5531	0.0756
23	141.3	0.6571	0.6443	0.6438	0.0128
24	149.6	0.6857	0.6876	0.6867	0.0019
25	150.4	0.7143	0.6915	0.6907	0.0228
26	182.9	0.7429	0.8210	0.8197	0.0782
27	199.6	0.7714	0.8668	0.8654	0.0954
28	200.3	0.8000	0.8685	0.8671	0.0685
29	203.3	0.8286	0.8754	0.8740	0.0468
30	204.2	0.8571	0.8774	0.8760	0.0202
31	244.2	0.8857	0.9413	0.9402	0.0555
32	249.7	0.9143	0.9470	0.9460	0.0327
33	270.9	0.9429	0.9645	0.9637	0.0216
34	286.0	0.9714	0.9733	0.9727	0.0019

Periodo de retorno de 10 años

0.00	0.0
1.00	270.4
2.00	841.0
2.46	934.4
3.00	845.6
4.00	516.2
5.00	287.3
6.00	159.4
7.00	86.0
8.00	81.5
9.00	28.4
10.00	15.8
11.00	8.9
12.00	4.9

ANEXO 7. Resultados de la calificación de vulnerabilidad obtenida para cada indicador

VULNERABILIDAD A DESLIZAMIENTOS

Vulnerabilidad física

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad física a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	4	0	0	4	4	4	2	2,57	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	0	0	0	4	0	0	0	0,57	Muy baja
Cerro Punta	4	0	0	4	0	4	2	2,00	Media
Las Nubes	3	2	0	4	4	4	2	2,71	Media
Guadalupe/ Entre Ríos	4	1	0	2	2	4	0	1,86	Baja

Vulnerabilidad Social

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad social a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	3	4	4	3.67	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	3	4	4	3.67	Alta
Cerro Punta	1	4	4	3.00	Alta
Las Nubes	3	4	4	3.67	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	3	4	4	3.67	Alta

Vulnerabilidad Ecológica

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad ecológica a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	4	4	Muy alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	4	4	Muy alta
Cerro Punta	4	4	Muy alta
Las Nubes	4	4	Muy alta
Guadalupe/ Entre Ríos	4	4	Muy alta

Vulnerabilidad Económica

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad económica a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	3	3	3	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	4	4	4	Muy alta
Cerro Punta	3	4	3.5	Alta
Las Nubes	3	4	3.5	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	3	4	3.5	Alta

Vulnerabilidad Política

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad política a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	4	1	2.5	Media
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	4	3	3.5	Alta
Cerro Punta	4	4	4	Muy alta
Las Nubes	4	3	3.5	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	4	3	3.5	Alta

Vulnerabilidad Ideológica

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad ideológica a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	4	4	Muy alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	2	2	Media
Cerro Punta	4	4	Muy alta
Las Nubes	2	2	Media
Guadalupe/ Entre Ríos	2	2	Media

Vulnerabilidad Educativa

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad educativa a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	2	0	1	Baja
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	2	0	1	Baja
Cerro Punta	2	4	3	Alta
Las Nubes	2	4	3	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	2	4	3	Alta

Vulnerabilidad Técnica.

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad técnica a deslizamientos en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca del río Chiriquí viejo en su parte alta.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	2	4	3	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	2	2	2	Media
Cerro Punta	2	4	3	Alta
Las Nubes	2	4	3	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	2	4	3	Alta

Vulnerabilidad Cultural

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad cultural a inundaciones en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	0	2	1	Baja
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	1	2	1.5	Baja
Cerro Punta	1	3	2	Media
Las Nubes	0	2	1	Baja
Guadalupe/ Entre Ríos	0	2	1	Baja

VULNERABILIDAD A INUNDACIONES

Vulnerabilidad Física

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad física a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	4	0	0	4	4	4	2	2.57	Media
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	4	0	0	4	0	4	0	1.71	Baja
Cerro Punta	4	1	1	4	0	4	2	2.28	Media
Las Nubes	4	1	0	4	3	4	2	2.57	Media
Guadalupe/ Entre Ríos	3	1	0	4	2	4	0	2.00	Media

Vulnerabilidad Social

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad social a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	V3	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	3	4	4	3.67	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	3	4	4	3.67	Alta
Cerro Punta	1	4	4	3.00	Alta
Las Nubes	3	4	4	3.67	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	3	4	2	3.00	Alta

Vulnerabilidad Ecológica

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad ecológica a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	4	4	4	Muy alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	3	4	3.5	Alta
Cerro Punta	4	4	4	Muy alta
Las Nubes	4	4	4	Muy alta
Guadalupe/ Entre Ríos	4	4	4	Muy alta

Vulnerabilidad Económica

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad económica a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	3	4	3.5	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	4	4	4	Muy alta
Cerro Punta	3	4	3.5	Alta
Las Nubes	3	4	3.5	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	3	4	3.5	Alta

Vulnerabilidad Política

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad política a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	3	3	3	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	3	4	3.5	Alta
Cerro Punta	3	4	3.5	Alta
Las Nubes	0	4	2	Media
Guadalupe/ Entre Ríos	2	4	3	Alta

Vulnerabilidad Ideológica

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad ideológica a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	4	4	Muy Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	4	4	Muy Alta
Cerro Punta	4	4	Muy Alta
Las Nubes	2	2	Media
Guadalupe/ Entre Ríos	2	2	Media

Vulnerabilidad Educativa

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad educativa a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	2	2	2	Media
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	2	2	2	Media
Cerro Punta	2	2	2	Media
Las Nubes	2	2	2	Media
Guadalupe/ Entre Ríos	3	2	2.5	Media

Vulnerabilidad Técnica

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad técnica a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	2	4	3	Alta
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	2	4	3	Alta
Cerro Punta	2	4	3	Alta
Las Nubes	2	4	3	Alta
Guadalupe/ Entre Ríos	1	4	2.5	Media

Vulnerabilidad Cultural

Cuadro No. Resumen de la vulnerabilidad cultural a inundaciones en las comunidades seleccionadas para el estudio, que forman parte de la cuenca alta del río Chiriquí viejo.

Nombre de la comunidad	V1	V2	Calificación	Vulnerabilidad
Bambito/ Nueva Suiza	2	2	2	Media
Nuevo Bambito/ Paso Ancho	2	3	2.5	Media
Cerro Punta	2	3	2.5	Media
Las Nubes	2	3	2.5	Media
Guadalupe/ Entre Ríos	2	1	1.5	Baja

Anexo 8. Cálculos de la simulación de "Floodarea".

The dialog box is titled "Calculation of flooded area" and is divided into several sections:

- Required data:** Elevation model: dem_cuenca; Units of elevation model: m; map units: [empty].
- Water level:** Drainage network: dren_01; Units: m. Flooding depth (specification of input data):
 - Relative elevation
 - Use absolute elevation
 - Elevation of input drainage network.
 - Constant elevation: 0.02
 - Combination with option Hydrograph
- optional:** Flow barrier: [empty]; Dam failure: [empty]; Roughness: rug_suelo2; Modification: [empty]; grid to continue calculation with: [empty].
- Buttons: Continue, Cancel, optional, Display simulation info, load settings.

The dialog box is titled "Calculation of flooded area - additional settings" and is divided into several sections:

- Output options:** Directory for temporary data: D:\temp\; Directory and name(s) of output-Grids: D:\temp\test.
 - as absolute elevation
 - in depth above surface
 - Saving interval (in time steps): 1
 - number of output grids / hh:mm:ss: 5 / 1:00:00
 - Output of flow direction
- Calculation options:** Simulation period (time steps): 5; format: hh:mm:ss: 5:00:00; Maximum Exchange rate (in %): 5.
- Metadata:** Author: xbf; comment: hdfhfdhfdh.
- Legend:** Legend type: smooth legend, classified legend. Number of legend classes (without nodata): 4. Colour palette: Purple-Blue Light to Dark. generate group layer.
- Buttons: Calculate, Cancel, back.