

13 DIC 2001

RECEBIDO

Turrialba, Costa Rica

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN

ESCUELA DE POSGRADUADOS

**EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA
SUBCUENCA MATANZAS, RÍO POLOCHIC, GUATEMALA.**

POR

MARIO SAMUEL BUCH TEXAJ

CATIE

13 DIC 2001

RECIBIDO
Turrialba, Costa Rica

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO

**EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA SUBCUENCA
MATANZAS, RÍO POLOCHIC, GUATEMALA.**

POR

MARIO SAMUEL BUCH TEXAJ



Turrialba, Costa Rica
2001

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO

EVALUACIÓN DEL RIESGO A DESLIZAMIENTOS EN LA SUBCUENCA MATANZAS, RÍO
POLOCHIC, GUATEMALA.

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

Magíster Scientiae

Por

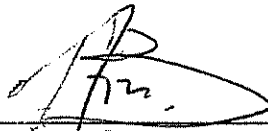
MARIO SAMUEL BUCH TEXAJ

Turrialba, Costa Rica
2001

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

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



José Arze Borda, M. Sc.
Consejero Principal



Sergio Velásquez, M. Sc.
Miembro Comité Consejero



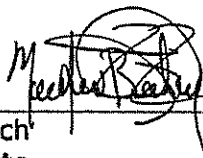
Francisco Jiménez, Ph. D.
Miembro Comité Consejero



Bommat. Ramakrishna, Ph. D.
Miembro Comité Consejero



Al Moslemi, Ph. D.
Director Escuela de Posgrado



Marlo Buch
Candidato

"Primero se formaron la tierra, las montañas y los valles;
se dividieron las corrientes de agua,
los arroyos se fueron corriendo libremente entre los cerros
y las aguas quedaron separadas
cuando aparecieron las altas montañas".

POPOL VUH

DEDICATORIA

A DIOS, Porque Él da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia. Porque me ha dado vida y fuerzas para alcanzar lo que me ha concedido.

A mis padres, por todo el amor, comprensión y apoyo que me han dado, para lograr esto que es éxito de ellos.

A mis hermanas, cuñados, sobrinas y sobrinos, por el amor y apoyo que me han brindado.

A mis abuelos, por la bendición de su existencia.

A mis amigos y amigas.

A la Tierra de La Eterna Primavera!.

EL PRINCIPIO DE LA SABIDURÍA, ES EL TEMOR A JEHOVÁ. Proverbios 1.7

AGRADECIMIENTOS

A José Arze, Profesor consejero, por todo su apoyo y esmero para la realización de la investigación.

A Sergio Velásquez, Francisco Jiménez, Bommat. Ramakrishna y Juventino Gálvez, miembros del comité asesor por sus sugerencias para enriquecer ésta tesis.

A Alan González y Jovita de González, por todo el apoyo y atención brindada durante los dos años de estadía en CATIE. Y por haberme invitado a participar en el programa de maestría del CATIE.

A Luis Alberto Castañeda y Eddyn Barrientos, quienes apoyaron en los aspectos técnicos y financieros para la realización de la maestría, y de ésta tesis.

A la Agencia Para el Desarrollo Internacional del Gobierno de los Estados Unidos por el apoyo financiero.

A don Benigno Có, por el apoyo de guía e interprete de idiomas, durante el trabajo de campo.

A mis amigos y amigas de la promoción del milenio (2000-2001) por compartir todos los momentos trascendentales de nuestra estadía en CATIE. Gracias a todos por su amistad y compañerismo. Recuerden que los espero en mi bella Guatemala!

A mis amigos y amigas en Guatemala por sus gestos de ánimo brindados, a fin de lograr esta meta.

BIOGRAFÍA

El autor nació el 10 de Junio de 1972 en la ciudad de Chimaltenango, Guatemala. En 1989 ingresa a la Escuela Nacional Central de Agricultura donde obtiene el Título de Dasónomo en 1992.

En enero de 1993 ingresa a la Universidad de San Carlos de Guatemala, graduándose en la Facultad de Agronomía con el Título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables en mayo de 1999.

En febrero de 1993 ingresa a la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre donde labora como Encargado del Laboratorio de Semillas Forestales, hasta enero de 1997.

En abril de 1997 ingresa al Instituto Nacional de Bosques, donde labora como asistente técnico del proyecto Banco de Semillas Forestales, hasta diciembre de 1999.

En enero del 2000 ingresa al programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del CATIE, con el apoyo financiero de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID), donde obtiene el grado de Magíster Scientiae en manejo de cuencas hidrográficas en diciembre del 2001

CONTENIDO

| | |
|--|-------------|
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| BIOGRAFÍA..... | vi |
| CONTENIDO..... | vii |
| LISTA DE CUADROS..... | xii |
| LISTA DE FIGURAS..... | xiv |
| LISTA DE FIGURAS..... | xiv |
| LISTA DE ANEXOS..... | xv |
| SUMMARY..... | xvi |
| RESUMEN..... | xvii |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 1 |
| 1.2 Relevancia de la investigación..... | 2 |
| 1.3 Objetivos..... | 3 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.4 Hipótesis..... | 3 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1 El riesgo..... | 4 |
| 2.1.1 Los enfoques del riesgo..... | 4 |
| 2.1.2 Características del riesgo..... | 5 |
| 2.1.3 La gestión del riesgo..... | 6 |
| 2.1.4 La participación comunitaria en la gestión del riesgo..... | 6 |
| 2.2 Las amenazas..... | 7 |
| 2.2.1 Las amenazas naturales..... | 7 |
| 2.2.1.1 Geológicas..... | 7 |
| 2.2.1.2 Hidrometeorológicas o climáticas..... | 8 |
| 2.2.2 Las amenazas socio-naturales..... | 8 |
| 2.2.3 Las amenazas antrópicas..... | 9 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.3 | La vulnerabilidad | 9 |
| 2.3.1 | Los factores de la vulnerabilidad | 10 |
| 2.3.1.1 | Factores naturales..... | 10 |
| 2.3.1.2 | Factores ambientales..... | 11 |
| 2.3.1.3 | Factores físicos | 11 |
| 2.3.1.4 | Factores sociales..... | 11 |
| 2.3.1.5 | Factores económicos | 13 |
| 2.3.2 | La identificación de la vulnerabilidad | 13 |
| 2.3.3 | La evaluación de la vulnerabilidad | 14 |
| 2.3.4 | La reducción de la vulnerabilidad | 14 |
| 2.3.5 | La mitigación de la vulnerabilidad | 15 |
| 2.3.6 | El monitoreo de la vulnerabilidad | 17 |
| 2.4 | Los desastres | 17 |
| 2.5 | Criterios e indicadores..... | 17 |
| 2.5.1 | Criterio..... | 18 |
| 2.5.2 | Indicador..... | 18 |
| 2.5.3 | Índices | 19 |
| 2.6 | Experiencias en evaluaciones de vulnerabilidad | 19 |
| 3. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 21 |
| 3.1 | Aspectos generales de la metodología | 21 |
| 3.2 | Ubicación del área de estudio..... | 21 |
| 3.3 | Caracterización física..... | 24 |
| 3.3.1 | Climatología..... | 24 |
| 3.3.2 | Geología..... | 24 |
| 3.3.3 | Fisiografía..... | 25 |
| 3.3.4 | Características de los suelos..... | 25 |
| 3.3.5 | Amenazas a deslizamientos..... | 26 |
| 3.3.6 | Otras amenazas en la subcuenca Matanzas | 26 |
| 3.4 | Caracterización socioeconómica regional..... | 27 |
| 3.5 | Caracterización de los recursos naturales..... | 27 |
| 3.5.1 | Recursos forestales | 27 |
| 3.5.2 | Áreas protegidas | 28 |
| 3.5.3 | Zonas de vida | 28 |
| 3.5.4 | Recursos hídricos..... | 29 |
| 3.5.5 | Sistemas de producción | 31 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.5.6 | Intensidad de uso de la tierra..... | 32 |
| 3.6 | Selección de los indicadores para identificar el nivel de riesgo..... | 33 |
| 3.6.1 | Selección de los indicadores de vulnerabilidad..... | 34 |
| 3.6.2 | Indicadores de vulnerabilidad física de una comunidad..... | 35 |
| 3.6.3 | Indicadores de vulnerabilidad social de una comunidad..... | 35 |
| 3.6.4 | Indicadores del grado de amenaza en la cuenca..... | 36 |
| 3.6.5 | Indicadores de variación del riesgo..... | 37 |
| 3.7 | Medición de los indicadores seleccionados..... | 38 |
| 3.8 | Valoración y estandarización de los indicadores..... | 39 |
| 3.8.1 | Ponderación de los indicadores..... | 40 |
| 3.8.2 | Indicadores de vulnerabilidad física de una comunidad..... | 41 |
| 3.8.2.1 | Tipo de vivienda..... | 41 |
| 3.8.2.2 | Ubicación de las vivienda..... | 43 |
| 3.8.2.3 | Tipo de edificación comunal..... | 43 |
| 3.8.2.4 | Accesibilidad a la edificación comunal..... | 44 |
| 3.8.2.5 | Calidad de vías de comunicación..... | 45 |
| 3.8.3 | Indicadores de vulnerabilidad social de una comunidad..... | 46 |
| 3.8.3.1 | Densidad poblacional..... | 46 |
| 3.8.3.2 | Porcentaje de analfabetismo..... | 47 |
| 3.8.3.3 | Grado de escolaridad..... | 48 |
| 3.8.3.4 | Tipo de servicio de salud..... | 49 |
| 3.8.3.5 | Acceso al servicio de salud..... | 50 |
| 3.8.3.6 | Cobertura de electricidad..... | 51 |
| 3.8.3.7 | Cobertura de agua potable..... | 52 |
| 3.8.3.8 | Sistema de deposición de excretas (drenaje)..... | 53 |
| 3.8.4 | Indicadores del grado de amenaza en la cuenca..... | 53 |
| 3.8.4.1 | Frecuencia de aparición de fenómenos..... | 53 |
| 3.8.4.2 | Tipo de daño causado por fenómenos..... | 55 |
| 3.8.4.3 | Amenaza a sismos..... | 56 |
| 3.8.4.4 | Amenaza a deslizamientos..... | 57 |
| 3.8.4.5 | Cobertura vegetal de la tierra..... | 58 |
| 3.8.4.6 | Intensidad de uso de la tierra..... | 60 |
| 3.8.5 | Indicadores de tendencia del riesgo..... | 61 |
| 3.8.5.1 | Influencia de la cobertura de la tierra..... | 61 |
| 3.8.5.2 | Influencia de la intensidad de uso de la tierra..... | 62 |

| | |
|--|-----------|
| 3.8.5.3 Organización comunitaria | 63 |
| 3.8.6 Otros indicadores observados | 64 |
| 3.8.6.1 Acceso a medios de comunicación | 64 |
| 3.8.6.2 Cobertura institucional..... | 64 |
| 3.8.6.3 Fuente de ingresos económicos..... | 64 |
| 3.9 Análisis de los indicadores | 65 |
| 3.9.1 Sistemas de información geográfica | 65 |
| 3.9.1.1 Cuantificación de indicadores: | 65 |
| 3.9.1.2 Interfase con programa ALES | 65 |
| 3.9.2 El Programa ALES (Automated Land Evaluation System)..... | 66 |
| 3.9.2.1 Estructura del ALES y su adaptación al estudio | 66 |
| 3.9.3 El uso de biogramas..... | 70 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 74 |
| 4.1 La vulnerabilidad | 74 |
| 4.1.1 La vulnerabilidad física por indicador | 74 |
| 4.1.2 La vulnerabilidad física integrada | 76 |
| 4.1.3 La vulnerabilidad social por indicador | 77 |
| 4.1.4 La vulnerabilidad social integrada | 79 |
| 4.1.5 Otros indicadores de vulnerabilidad | 81 |
| 4.1.5.1 Acceso a los servicios de comunicación | 81 |
| 4.1.5.2 Cobertura institucional..... | 81 |
| 4.1.5.3 Principal fuente de ingresos económicos | 82 |
| 4.1.6 La vulnerabilidad total en la subcuenca Matanzas | 82 |
| 4.1.6.1 Comunidades con vulnerabilidad alta | 83 |
| 4.1.6.2 Comunidades vulnerabilidad media | 86 |
| 4.1.6.3 Comunidades con niveles bajos de vulnerabilidad..... | 87 |
| 4.2 Las amenazas | 88 |
| 4.2.1 Las amenazas por indicadores | 88 |
| 4.2.2 Las amenazas en la subcuenca | 90 |
| 4.2.2.1 Comunidades con mayor grado de amenaza | 91 |
| 4.2.2.2 Comunidades con menor grado de amenaza | 93 |
| 4.3 El riesgo | 94 |
| 4.3.1 Comunidades con mayor riesgo a desastres | 95 |
| 4.3.2 Comunidades con menor riesgo a desastres | 101 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 4.4 | La tendencia del riesgo en la subcuenca | 103 |
| 4.4.1 | El aumento del nivel de riesgo | 103 |
| 4.4.1.1 | En función del manejo de los recursos naturales | 103 |
| 4.4.1.2 | En función de la preparación y organización social para enfrentar los desastres..... | 105 |
| 4.4.2 | La reducción del nivel de riesgo | 106 |
| 4.5 | La utilidad del ALES en la evaluación de riesgos | 107 |
| 4.6 | Líneas de acción para reducción de la vulnerabilidad y mitigación de riesgo a desastres | 109 |
| 4.6.1 | Objetivo de las líneas de acción | 110 |
| 4.6.2 | Fundamentos de la vulnerabilidad y el riesgo | 110 |
| 4.6.2.1 | Condiciones sociales | 110 |
| 4.6.2.1 | Condiciones ambientales | 110 |
| 4.6.3 | Estrategias y líneas de acción | 111 |
| 5. | CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES | 113 |
| 6. | LITERATURA CITADA..... | 115 |
| 7. | ANEXOS..... | 121 |

LISTA DE CUADROS

| | | |
|------------|--|----|
| Cuadro 1. | Indicadores de vulnerabilidad física evaluados..... | 35 |
| Cuadro 2. | Indicadores de vulnerabilidad social evaluados | 36 |
| Cuadro 3. | Indicadores del grado de amenazas evaluados | 36 |
| Cuadro 4. | Indicadores que influyen en la variación del riesgo evaluados..... | 37 |
| Cuadro 5. | Escala de intervalos de valores para los niveles de vulnerabilidad y amenazas..... | 40 |
| Cuadro 6. | Escala de valores para los niveles de tendencia del riesgo..... | 40 |
| Cuadro 7. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador ubicación de vivienda..... | 43 |
| Cuadro 8. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador tipo de edificación comunal..... | 44 |
| Cuadro 9. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador accesibilidad a la edificación comunal | 45 |
| Cuadro 10. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador calidad de vías de comunicación | 46 |
| Cuadro 11. | Ejemplo de cálculo del índice poblacional | 47 |
| Cuadro 12. | Ejemplo de cálculo de índice de analfabetismo..... | 48 |
| Cuadro 13. | Escala de valores de ponderación asignados para los niveles del indicador grado de escolaridad | 48 |
| Cuadro 14. | Ejemplo de cálculo de índice de grado de escolaridad | 49 |
| Cuadro 15. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador tipo de servicio de salud..... | 50 |
| Cuadro 16. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador acceso al servicio de salud..... | 50 |
| Cuadro 17. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador cobertura de electricidad..... | 51 |
| Cuadro 18. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador cobertura de agua potable..... | 52 |
| Cuadro 19. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador sistema de deposición de excretas (drenaje) | 53 |
| Cuadro 20. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador frecuencia de aparición de fenómenos | 55 |
| Cuadro 21. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador Tipo de daño causado por los fenómenos | 56 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Cuadro 22. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador amenaza a sismos..... | 57 |
| Cuadro 23. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador amenaza a deslizamientos considerando la distancia a la amenaza..... | 58 |
| Cuadro 24. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador amenaza a deslizamientos considerando la ubicación respecto a la amenaza..... | 58 |
| Cuadro 25. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador amenaza a deslizamientos considerando el grado de pendiente | 58 |
| Cuadro 26. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador tipo de cobertura vegetal | 59 |
| Cuadro 27. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador intensidad de uso de la tierra..... | 60 |
| Cuadro 28. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador influencia de la cobertura de la tierra en la tendencia del riesgo..... | 61 |
| Cuadro 29. | Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador influencia de la intensidad de uso de la tierra en la tendencia del riesgo | 62 |
| Cuadro 30. | Escala de valores asignados para los niveles del indicador nivel de organización comunal..... | 63 |
| Cuadro 31. | Indicadores de riesgo usados en el biograma (por dimensión) | 71 |
| Cuadro 32. | Nivel del estado del riesgo para el biograma..... | 72 |
| Cuadro 33. | Comunidades de la subcuenca con alto nivel de vulnerabilidad | 84 |
| Cuadro 34. | Comunidades con nivel medio de vulnerabilidad en la subcuenca... | 86 |
| Cuadro 35. | Comunidades con bajo nivel de vulnerabilidad..... | 88 |
| Cuadro 36. | Comunidades con alto grado de amenaza | 91 |
| Cuadro 37. | Comunidades con un grado medio de amenaza..... | 93 |
| Cuadro 38. | Comunidades con menor grado de amenaza..... | 94 |
| Cuadro 39. | Comunidades con mayor nivel de riesgo | 96 |
| Cuadro 40. | Comunidades con nivel medio de riesgo..... | 101 |
| Cuadro 41. | Comunidades con menor riesgo a desastres | 101 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 1. | Ubicación geográfica de la subcuenca Matanzas en el Río Polochic, Guatemala. | 22 |
| Figura 2. | Municipios y principales ríos que incluye la subcuenca Matanzas. | 23 |
| Figura 3. | Caudales promedio mensual en 2 puntos de la cuenca del río Polochic. | 30 |
| Figura 4. | Modelo de análisis integrado de los indicadores para determinar el nivel del riesgo. | 38 |
| Figura 5. | Esquema de armonización de ALES en la evaluación de vulnerabilidad y riesgo. | 69 |
| Figura 6. | Biograma de cuenca con alta posibilidad de colapso. | 73 |
| Figura 7. | Biograma de cuenca con nivel óptimo de sostenibilidad. | 73 |
| Figura 8. | Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad, para indicadores de vulnerabilidad física. | 75 |
| Figura 9. | Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad física. | 76 |
| Figura 10. | Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad para los indicadores de vulnerabilidad social. | 78 |
| Figura 11. | Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad física. | 80 |
| Figura 12. | Estructura de los grados de vulnerabilidad evaluados para la vulnerabilidad física, social y total en la subcuenca Matanzas. | 83 |
| Figura 13. | Niveles de vulnerabilidad en las comunidades de la subcuenca Matanzas. | 85 |
| Figura 14. | Grado de amenaza de cada indicador en las comunidades de la subcuenca Matanzas. | 89 |
| Figura 15. | Grado de amenaza y ubicación de las comunidades en la subcuenca Matanzas. | 92 |
| Figura 16. | Niveles de vulnerabilidad, amenazas y riesgo en las 101 comunidades de la subcuenca Matanzas. | 95 |
| Figura 17. | Niveles de riesgo a desastre en las comunidades de la subcuenca Matanzas. | 97 |
| Figura 18. | Biograma de comunidades con alto nivel de riesgo (ALES) en la subcuenca Matanzas. | 100 |
| Figura 19. | Biograma de comunidades con nivel medio de riesgo en la subcuenca Matanzas. | 100 |
| Figura 20. | Biograma de indicadores de comunidades con bajo nivel de riesgo en la subcuenca Matanzas. | 102 |

LISTA DE ANEXOS

| | | |
|----------|---|-----|
| Anexo 1 | Formato de recolección de datos de campo | 122 |
| Anexo 2 | Protocolos para la recolección de información de indicadores en la subcuenca Matanzas. | 125 |
| Anexo 3 | Número de comunidades y niveles de vulnerabilidad y amenazas por indicador | 130 |
| Anexo 4 | Cobertura de la tierra en la subcuenca Matanzas..... | 131 |
| Anexo 5 | Intensidad de uso de la tierra en la subcuenca Matanzas..... | 132 |
| Anexo 6 | Lista y descripción de las características de la tierra usadas en ALES | 133 |
| Anexo 7 | Datos de índices de vulnerabilidad social ingresados a ALES para cada UC..... | 137 |
| Anexo 8 | Datos de índices de vulnerabilidad física ingresados a ALES para cada UC..... | 140 |
| Anexo 9 | Datos de índices del grado de amenaza ingresados a ALES para cada UC | 143 |
| Anexo 10 | Datos de índices modificadores del riesgo ingresados a ALES..... | 146 |
| Anexo 11 | Información de unidades cartográficas (UC) ingresadas a ALES..... | 149 |
| Anexo 12 | Árbol de decisión para determinar vulnerabilidad física..... | 152 |

Buch T, MS. 2001. Evaluation of the risks to landslides within the Matanzas watershed, Polochic river, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p.

Key words: evaluation, watershed management, vulnerability, risk, threats, landslides, disasters, ALES, indicators, Polochic.

SUMMARY

The Polochic river watershed in Guatemala has suffered from numerous disasters. During the first quarter of 2001, the vulnerability and risks associated with the Matanzas sub-basin was evaluated, with the objective of identifying levels and areas of greatest vulnerability and risk to disasters, and to propose mechanisms for the implementation of plans for the reduction and mitigation of the vulnerability.

In the evaluations, vulnerability and risk indicators were utilized, and were integrated by adapting the ALES (Automated Land Evaluation System) program. Communities with the greatest levels of vulnerability and risk to disasters were identified.

We used the formula for risk assessment (vulnerability x threats / preparation) as the basis for the evaluation, and included within the context of preparation, the influence exerted by human activity in the production areas within the sub-basin and its effect on the levels of vulnerability and risk.

The results show that of the 101 communities evaluated in the sub-basin, 25 communities exhibit high vulnerability and 32 high risk. At the same time, 59 show medium vulnerability and 53 medium risk, while 16 show low vulnerability and 17 low risk. Also identified were indicators with high influence, some of a social nature (education level, means of communication) and others of an environmental type (land use intensity).

Using factors affecting vulnerability and risk as the basis, strategies and action plans were formulated to reduce the effects of disasters and contribute to the development of the communities within the sub-basin.

Buch T, MS. 2001. Evaluación del riesgo a deslizamientos en la subcuenca Matanzas, río Polochic, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p.

Palabras claves: evaluación, manejo de cuencas, vulnerabilidad, riesgo, amenazas, desastres, ALES, indicadores, Polochic.

RESUMEN

La cuenca del río Polochic en Guatemala ha sufrido las consecuencias de desastres, por esta razón durante el primer semestre del 2001 se evaluó la vulnerabilidad y el riesgo en la subcuenca Matanzas, con el objeto de identificar niveles y áreas con mayor grado de vulnerabilidad y riesgo a desastres, y proponer los mecanismos adecuados para implementar planes de reducción y mitigación de la vulnerabilidad.

En las evaluaciones se emplearon indicadores de vulnerabilidad y amenazas, los cuales se integraron adaptando el programa ALES (Automated Land Evaluation System). Se logró identificar y seleccionar las comunidades con mayores niveles de vulnerabilidad y riesgo a desastres.

Se tomó como base la formula general del riesgo (vulnerabilidad x amenazas / preparación), y se consideró entre la preparación, la influencia que ejerce el factor humano por las actividades productivas que se realizan en la subcuenca y sus implicaciones en aumentar o mantener los niveles de vulnerabilidad y riesgo.

Los resultados reflejan que de las 101 comunidades evaluadas en la subcuenca, 25 comunidades presentan alta vulnerabilidad y 32 alto riesgo, así mismo, 59 muestran mediana vulnerabilidad y 53 riesgo medio, mientras que 16 comunidades muestran baja vulnerabilidad y 17 bajo riesgo. Además, se identificaron los indicadores con mayor influencia, algunos de carácter social (nivel educativo, vías de comunicación,) y otros de tipo ambiental (intensidad de uso de la tierra).

Con base en los factores que afectan la vulnerabilidad y riesgo, se formularon estrategias y líneas de acción, a fin de reducir los efectos de los eventos que causen desastres y contribuir con el desarrollo de las comunidades de la subcuenca.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo integrado de los recursos naturales en el marco de las cuencas hidrográficas constituye una herramienta básica con propósito de presentar alternativas económica y ambientalmente viables que tiendan a lograr una disminución de la vulnerabilidad y el riesgo de las poblaciones hacia los desastres sociales y naturales, y de la misma manera contribuir mediante el desarrollo, al combate de la pobreza de las comunidades presentes en las cuencas, mejorando con esto la calidad de vida.

Por la posición geográfica y niveles de desarrollo socioeconómico, Guatemala está entre los países altamente vulnerables a desastres naturales causados por fenómenos climáticos y meteorológicos. En los últimos años se han evidenciado y dejado como resultado la pérdida de vidas humanas y altos costos socioeconómicos (SG-SICA, 2000).

1.1 Planteamiento del problema

Las causas principales de la degradación ambiental en el mundo son la pobreza persistente de la mayoría de los habitantes del planeta y el consumo excesivo por una minoría. La región centroamericana en los últimos años ha sido motivo de atención debido al frecuente deterioro de los recursos naturales y el ambiente. Actividades como mal uso de la tierra, deforestación, uso de tecnología inadecuada en la producción agrícola, pastoreo excesivo y contaminación de distintos tipos (BID, 1999) son comunes en las cuencas hidrográficas, y esta situación unida a un crecimiento demográfico acelerado y una alta demanda de alimentos, ha generado en las comunidades altos índices de riesgo y vulnerabilidad hacia eventos que causan desastres.

La cuenca del río Polochic por su ubicación geográfica y las condiciones climáticas la convierten en una de regiones más afectadas por eventos que causan desastres, unido a un manejo inadecuado y sobreexplotación de los recursos naturales (suelo, bosque y agua) y los evidentes niveles de pobreza, hacen que la vulnerabilidad y el riesgo a los desastres formen parte esencial del ecosistema, sin que se promuevan acciones político-institucionales con una visión de reducir esta problemática.

1.2 Relevancia de la investigación

Las cuencas hidrográficas por ser las unidades físicas donde convergen actividades antrópicas con fenómenos naturales, se constituyen en las áreas adecuadas para la planificación y ejecución de actividades que fomenten la sostenibilidad y por ende reduzcan la vulnerabilidad hacia los desastres naturales y sociales.

La evaluación de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica permite conocer el estado del sistema, identificar los factores que la afectan y la hacen vulnerable a desastres, y con base en esto, proyectar las acciones para prevenir y mitigar daños ocasionados por los desastres. Esta visión se alcanza a través de una estrategia integral de desarrollo basada entre otros aspectos en la reducción de la vulnerabilidad.

Pero la reducción de la vulnerabilidad no puede ser atacada sin antes conocer "sus causas"; una evaluación y análisis previo permitirá proyectar las líneas prioritarias sobre las cuales puede implementarse un proceso participativo, coherente y dinámico a fin de lograr una reducción, mitigación y reconstrucción de los efectos que causen los desastres.

Cabe señalar que la cuenca del río Matanzas se ubica en una de las regiones del país donde las condiciones socioeconómicas son críticas, (Índice de desarrollo humano de 0.50, Índice de exclusión social de 30.0, Índice de desarrollo de la mujer de 0.16) y donde más del 90 % de la población es indígena (etnias Queqchí y Pocomchí) (ONU, 2000; INE, 1994). Condiciones que limitan la capacidad de respuesta y recuperación (resiliencia) de esta sociedad ante la presencia de un evento.

Se usa como metodología de evaluación al programa ALES el cual se adapta de manera congruente al análisis de la vulnerabilidad, integrando armónicamente la información (datos) de las posibles causas que conforman la vulnerabilidad con los conocimientos del grado de influencia de cada una de esas causas, identificando claramente aquellas sobre las cuales deben enfocarse los esfuerzos, para reducirla. Convirtiéndose además, en una herramienta para el manejo integrado de las cuencas hidrográficas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el riesgo a deslizamientos con ALES como proceso metodológico para la planificación y gestión del riesgo en la subcuenca Matanzas del Río Polochic

1.1.2 Objetivos específicos

Evaluar la vulnerabilidad de la subcuenca Matanzas enfocada hacia aspectos de carácter físico y social.

Identificar las comunidades o regiones del subcuenca con mayor nivel de riesgo a sufrir daños por la presencia de eventos que causen desastres.

Proponer líneas de acción para la reducción de la vulnerabilidad, prevención y mitigación del efecto de desastres.

1.4 Hipótesis

Al evaluar la vulnerabilidad física y social, es posible identificar los principales elementos que inciden y proyectan distintos niveles de vulnerabilidad.

En la subcuenca del río Matanzas es posible identificar áreas o grupos de comunidades con mayor nivel de riesgo, las cuales se convierten en zonas prioritarias para implementar acciones.

Es posible identificar líneas de acción de manejo de los recursos naturales renovables y de la vulnerabilidad, para prevenir y mitigar el efecto de eventos que causan desastres.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Esta sección presentan los principales conceptos y bases que ayudan a comprender el tema de vulnerabilidad y riesgos a desastres. Se hace una descripción de los niveles de concepción de la gestión del riesgo, los factores que favorecen y contribuyen en la vulnerabilidad, las características de las amenazas, y algunas experiencias obtenidas en evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo en Latinoamérica.

2.1 El riesgo

Es la probabilidad de una población de sufrir algo nocivo o dañino. Es el resultado de la confluencia en un mismo punto de dos ingredientes: la amenaza y la vulnerabilidad (Lavell, 1996).

El riesgo puede entenderse como cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada y que sea vulnerable a ese fenómeno (Wilches-Chaux, 1993).

2.1.1 Los enfoques del riesgo

El análisis del riesgo ha sido enfocado a través del tiempo de distintas maneras, apoyándose en las ciencias que contribuyen a explicar y entender los fenómenos involucrados en la presencia del mismo.

En un principio las ciencias naturales enfocaron al riesgo y los desastres como sinónimos de eventos físicos extremos, los que se denominaron desastres naturales. En este sentido eventos como un terremoto, erupción volcánica, huracán, inundación u otro evento extremo era considerado como un desastre. En consecuencia el estudio de esta área se concentró en procesos geológicos, meteorológicos, hidrológicos y otros procesos naturales que generan amenazas naturales, identificando ubicación, frecuencia, magnitud e intensidad y distribución espacial de las amenazas de dichos fenómenos (Wilches-Chaux, 1998).

Las ciencias aplicadas han tenido su enfoque sobre el riesgo, cuando áreas como la ingeniería ayuda a diseñar obras estructurales que permiten reducir el impacto de eventos como sismos, terremotos, o inundaciones (Wilches-Chaux, 1998).

Las ciencias sociales vinieron a contribuir de manera importante sobre el conocimiento de la percepción de las amenazas y cómo dicha percepción por una sociedad influye en las decisiones que toma una población determinada para que su medio ambiente sea más seguro o más peligroso. También aportaron un elemento fundamental al indicar que los desastres tienen causas humanas *-la vulnerabilidad-* y no sólo naturales, y que las sociedades y comunidades expuestas a determinadas amenazas no son homogéneas (Wilches-Chaux, 1998).

El enfoque holístico del riesgo ha tenido por objetivo crear un modelo de trabajo que integre los aportes del enfoque social (vulnerabilidad) y natural (amenazas) así como, las pérdidas y daños y las estrategias de mitigación de las mismas. Esto permite que la percepción y valoración del riesgo por las comunidades y las estrategias de gestión que adopten frente al riesgo determinan el valor social del mismo (Wilches-Chaux, 1998).

Los recursos naturales juegan un papel importante en el enfoque del riesgo, los ecosistemas naturales bajo condiciones sostenibles se constituyen en amortiguadores de los efectos del riesgo, sin embargo, bajo ciertas condiciones y sobre todo en eventos y/o fenómenos extremos, los ecosistemas forman parte del riesgo mismo.

2.1.2 Características del riesgo

Una característica del riesgo es su carácter *dinámico y cambiante*, en la medida que también son dinámicos y cambiantes los ingredientes que lo producen. Es un proceso en movimiento, siempre en vías de actualización. La construcción de un escenario de riesgo debe considerar la proyección sobre "que pasa?" si cambian en uno u otro sentido las amenazas y los factores de vulnerabilidad (Wilches-Chaux, 1998).

El riesgo posee el carácter de *diferenciado*, en la medida en que no afecta de la misma manera a los distintos actores presentes en una comunidad. De ahí que no todos los actores perciben de la misma manera el riesgo (Wilches-Chaux, 1998).

El grado de riesgo se considera que es *latente y potencial*, y su grado depende de la intensidad probable de la amenaza y los niveles de vulnerabilidad existentes (Lavell, 1996).

El riesgo posee un carácter social puesto que no es determinado por fuerzas sobrenaturales ni por fenómenos de la naturaleza, sino que surge del proceso de interacción continua y permanente entre la comunidad humana y su entorno (Wilches-Chaux, 1998).

2.1.3 La gestión del riesgo

Cuando se habla de gestión del riesgo se refiere a la capacidad de una comunidad de manejar y transformar las condiciones que permiten o favorecen un desastre, antes que éste ocurra. La gestión del riesgo se fundamenta en el conocimiento de los factores (amenazas y vulnerabilidad) que al combinarse producen efectos negativos (desastre) sobre una comunidad y su entorno, y de calcular cualitativa y cuantitativamente esos efectos, a manera de evitarlos interviniendo sobre las *causas* que los producen o favorecen (Wilches-Chaux, 1998).

En la gestión del riesgo las medidas o acciones de intervención pueden ser aplicadas en tres distintos niveles: a) prevención: evitando el encuentro entre los factores que producen un desastre (amenaza y vulnerabilidad), b) mitigación: aminorando dicho encuentro y sus consecuencias y c) preparación: aumentando la probabilidad de salvar las vidas y los bienes de la población, al momento de presentarse un desastre (Valenzuela, 2000).

La gestión del riesgo es un proceso dinámico que le permite a los actores sociales interactuar de manera consciente con otro proceso dinámico: el sistema *ambiente-comunidad*, y es una herramienta central para la gestión del desarrollo bajo la óptica de la sostenibilidad (Wilches-Chaux, 1998).

2.1.4 La participación comunitaria en la gestión del riesgo

La participación de las comunidades toma relevancia en el momento que se logra una efectiva participación de los actores para evitar nuevas amenazas y eliminar o, al menos, reducir las existentes. Por otro lado, cuando la población realiza acciones que aumentan la magnitud de las amenazas existentes, esto resulta en crear nuevas amenazas y por consiguiente un aumento en el riesgo hacia desastres.

Algunos ejemplos efectivos de gestión de riesgo se obtuvieron en el proyecto Centroamericano sobre gestión local del riesgo por inundaciones ejecutado en 1998, donde se establecieron zonas piloto en seis países de América Central, desarrollando estrategias, métodos e instrumentos efectivos para promover la *participación y apropiación* de la población en el manejo del riesgo, hasta delegar en ella la base de la toma de decisiones para el diseño del plan de emergencias (Valenzuela, 2000).

Por otro lado, malos ejemplos de gestión del riesgo se dan cuando los mismos pobladores son artífices de la destrucción de muros de contención (que sirven de protección a inundaciones) debilitándolos al extraer material de sus bases y utilizarlo para otros fines (Valenzuela, 2000).

2.2 Las amenazas

Las amenazas surgen cuando de la posibilidad teórica se pasa a la probabilidad más o menos concreta, de que uno de esos fenómenos de origen natural o humano se produzca en un determinado tiempo y en una determinada región que no esté adaptada para afrontar sin traumatismos ese fenómeno (Wilches-Chaux, 1998).

Las amenazas se presentan de manera compleja y concatenada, sin embargo, pueden ser clasificadas en distintas categorías:

2.2.1 Las amenazas naturales

Son aquellas que tienen su origen en la dinámica propia del planeta tierra que, como sabemos, no es una roca estática, sino un planeta dinámico y en permanente transformación. Normalmente los seres humanos no intervenimos en la ocurrencia de estos fenómenos, ni tampoco estamos normalmente en capacidad práctica de evitar que se produzcan (Wilches-Chaux, 1998; Lavell, 1996).

Según su origen, las amenazas naturales pueden considerarse en dos grandes grupos (Wilches-Chaux, 1998; Lavell, 1996):

2.2.1.1 Geológicas

Aquí se incluyen a fenómenos como los sismos y terremotos, las erupciones volcánicas, los maremotos o tsunamis, los deslizamientos y avalanchas (remociones en masa), los hundimientos, la erosión terrestre y costera, entre otras.

Las remociones en masa se consideran como los procesos geológicos relacionados con la geodinámica externa e incluyen los movimientos (lentos o rápidos) de rocas y escombros que se producen bajo la influencia de la gravedad. Para que estos se presenten es necesaria la presencia de la gravedad y relieve favorable, influenciado por condiciones como la precipitación y sismicidad. Dependiendo del tipo de movimiento y la velocidad de remoción del material, estas pueden clasificarse en: deslizamientos, derrumbes, flujos (escombros, lodo) y reptación (movimientos de tierra lentos) (Mota 1997).

- *Los derrumbes* son movimientos y caída violenta de materiales rocosos de diferentes dimensiones y que generalmente se producen en la parte superior de laderas de pendiente muy abrupta, o por la socavación de la base de una masa de material (Arce, 2001; Mota, 1997). En la subcuenca del río Matanzas los derrumbes se han presentado en cortes a orillas de carreteras.

- *Los deslizamientos* son movimientos rápidos que ocurren por saturación y aumento de peso de masas de suelo. El agua que se infiltra, encuentra capas inferiores de texturas más finas o impermeables que al producir cierta lubricación sobre las mismas, hace que la acción de la gravedad remueva o deslice el material hacia pendiente abajo, llegando a detenerse hasta que el terreno tenga una pendiente muy pequeña. Los deslizamientos pueden producirse a lo largo de un bloque o una sección cóncava que produce un deslizamiento rotacional (Arce, 2001; Mota, 1997).

2.2.1.2 Hidrometeorológicas o climáticas

Se incluyen a los huracanes, las tormentas tropicales, los tornados, granizadas y tormentas eléctricas, el fenómeno de El Niño, las temperaturas extremas, las sequías, los incendios forestales, las inundaciones, los desbordamientos, entre otros. Estas amenazas son el producto directo de las condiciones climático-atmosféricas.

2.2.2 Las amenazas socio-naturales

Son aquéllas que se expresan a través de fenómenos que parecen ser productos de la dinámica de la naturaleza, pero que en su ocurrencia o en la agudización de sus efectos, interviene la acción humana. Las expresiones más comunes de estas amenazas, son las inundaciones, las sequías o los deslizamientos, en donde actividades como la deforestación y mal uso de la tierra en las cuencas hidrográficas, o la construcción de

obras de infraestructura sin las precauciones ambientales adecuadas, se constituyen en variables explicativas de la ocurrencia de estos fenómenos (Wilches-Chaux, 1998; Lavell, 1996).

Las amenazas socio-naturales son la reacción de la naturaleza frente a la acción humana perjudicial hacia los ecosistemas, lo trascendental en este caso, es que quienes sufren los efectos de esas reacciones, no son siempre los mismos que las han provocado. El ejemplo típico es que las consecuencias de la deforestación en las cabeceras de una cuenca hidrográfica son padecidas en forma de inundaciones o de sequías por las comunidades que habitan la parte baja de la misma cuenca hidrográfica (Wilches-Chaux, 1998).

2.2.3 Las amenazas antrópicas

Son aquéllas claramente atribuibles a la acción humana sobre los elementos de la naturaleza (aire, agua y tierra) o sobre la población, que ponen en grave peligro la integridad física o la calidad de vida de las comunidades (Wilches-Chaux, 1998).

- *Amenazas antrópicas por contaminación*: aquí se destaca el vertimiento de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas al ambiente. Sus causas se pueden encontrar en los dos extremos del desarrollo: los grandes núcleos urbanos e industriales, que vierten sus desechos sin control a los ecosistemas y los grupos de población sin acceso a infraestructura de saneamiento ambiental (agua potable, alcantarillado, disposición y tratamiento de basuras), situación que se hace más evidente en las áreas rurales de las cuencas hidrográficas (Wilches-Chaux, 1998).

- *Amenazas antrópicas tecnológicas*: son aquellas que se derivan de la operación en condiciones inadecuadas de actividades potencialmente peligrosas para la comunidad o de la existencia de instalaciones u otras obras de infraestructura que encierran peligro para la seguridad de una comunidad (Wilches-Chaux, 1998).

2.3 La vulnerabilidad

Se define a la vulnerabilidad como la *incapacidad o debilidad* de una comunidad de *absorber* mediante el auto ajuste, los efectos de un determinado cambio de su ambiente,

o sea su "inflexibilidad" para adaptarse a ese cambio (por falta de resistencia, resiliencia o elasticidad) (Wilches-Chaux, 1993, 1998).

Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. No toda situación en que se halla el ser humano es vulnerable, sin embargo, hay situaciones en las que la población sí está realmente expuesta a sufrir daño si ocurriera un evento natural peligroso (Romero y Maskrey, 1993).

La vulnerabilidad no es un valor absoluto que represente el nivel de incapacidad de una comunidad, sino por el contrario, debe considerarse que la vulnerabilidad está referida a la presencia de una amenaza probable. Además tiene una dimensión temporal, puesto que es un proceso dinámico y cambiante, de ahí que se considera a la vulnerabilidad como una *condición* en virtud de la cual una comunidad está expuesta a un peligro (Lavell, 1996; Blaikie, 1997; Wilches-Chaux, 1998).

2.3.1 Los factores de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad comprende una serie de ángulos desde los cuales puede ser vista, analizada y trabajada para fomentar un bienestar en las comunidades, a estos ángulos de análisis puede llamárseles factores de vulnerabilidad, los cuales no son más que actores responsables de conformar un nivel de vulnerabilidad para una comunidad (Wilches-Chaux, 1993, 1998).

Estos factores muchas veces están relacionados entre sí y en casos, uno depende de la presencia de otro, los principales son los siguientes (Wilches-Chaux, 1993, 1998):

2.3.1.1 Factores naturales

Todo ser vivo, por naturaleza posee factores intrínsecos determinados por los límites ambientales dentro de los cuales es posible su sobrevivencia. Condiciones como alimentación, temperatura, humedad, densidad y composición atmosférica son necesarias para que un ser vivo pueda desarrollarse con normalidad, sin embargo, al ser modificadas estas condiciones, el individuo o comunidad exterioriza su incapacidad o falta de resiliencia para dicha perturbación, evidenciando su vulnerabilidad.

2.3.1.2 Factores ambientales

Los ecosistemas en los cuales se desarrolla la vida de una comunidad se ven alterados por la intervención negativa de la acción humana, que al hacer un uso inadecuado de los recursos naturales, estos manifiestan un grado de debilidad e incapacidad para absorber los cambios y alteraciones. Esta incapacidad se manifiesta tanto como un proceso de cambio temporal (deforestación incrementa vulnerabilidad del suelo, ante erosión) o cuando se ven afectados por fenómenos de tipo natural e impredecible (precipitaciones intensas, huracanes,) que finalmente traen consecuencias graves sobre las comunidades que las habitan.

Estos factores ambientales que contribuyen a la vulnerabilidad pueden ser considerados como las acciones opuestas a la sostenibilidad. Y según el punto de vista desde donde se analicen, los factores ambientales de la vulnerabilidad pueden considerarse como amenaza, como vulnerabilidad o como desastre mismo.

3.3.1.3 Factores físicos

Los factores de carácter físico están referidos a las calidades, condiciones técnicas-materiales y ubicación de las comunidades. La vulnerabilidad por los factores físicos esta dada por las deficiencias de sus estructuras físicas (casas, obras, infraestructura) para "absorber" los efectos de las amenazas. El aporte de estos factores hacia la vulnerabilidad es común en una cuenca hidrográfica, principalmente cuando se muestra la debilidad hacia las amenazas por inundaciones y deslizamientos que son frecuentes en las cuencas, tanto por las estructuras de las viviendas, como por la ubicación de las comunidades en zonas de terrenos inundables o en laderas deleznable y empinadas que favorecen e incrementa la inseguridad de estas comunidades hacia los desastres (Wilches-Chaux 1993, 1998).

3.3.1.4 Factores sociales

Entre los factores sociales que favorecen la vulnerabilidad se incluye a un conjunto de relaciones, comportamientos, creencias, formas de organización y maneras de actuar de las personas y comunidades que las coloca en condiciones de mayor o menor exposición.

Estos factores hacen referencia al nivel de cohesión interna que posee una comunidad, y en la medida en que estén ausentes los sentimientos compartidos de pertenencia y de propósito, y la ausencia de formas de organización de la sociedad civil que encarnen esos

sentimientos y los traduzcan en acciones concretas, la vulnerabilidad será evidente. Entre estos factores pueden considerarse a los siguientes (Wilches-Chaux 1993, 1998):

- *Factores políticos*: hace referencia a los niveles de autonomía que posee una comunidad para tomar o influir sobre las decisiones que la involucren, y a su capacidad de gestión y de negociación ante los actores externos.

- *Factores ideológicos y culturales*: la concepción del pensamiento humano a través de imágenes mentales, conceptos y prejuicios que poseemos, determina las ideas acerca de los fenómenos de la naturaleza y de su relación con la comunidad. Y la apreciación acerca de las amenazas existentes del escenario donde nos desenvolvemos, y a los desastres y su significado, viene a determinar nuestra mayor o menor capacidad para prevenirlos y sobreponernos a sus efectos.

- *Factores educativos*: en nuestras sociedades la falta de una educación adecuada se traduce en la falta de herramientas conceptuales y prácticas que requieren los miembros de una comunidad para participar activamente en la vida y para contribuir a una relación armónica entre la población y su entorno natural. El analfabetismo es solo uno de los indicadores de este factor, que tiene amplias implicaciones en el desarrollo de una comunidad.

- *Factores institucionales*: aquí se incluyen los factores que limitan el buen desarrollo de programas y proyectos en las comunidades, los cuales se ven truncados por la desarticulación institucional (obstáculos administrativo, celos profesionales, burocracia, etc) tanto en el sector estatal como fuera de él (ONG's, privados, asociaciones, etc).

Los factores de vulnerabilidad institucional también están relacionados con factores de vulnerabilidad política, cultural e ideológica, en la debilidad o informalidad de las organizaciones comunitarias, de afrontar los obstáculos de participación en las instancias de decisión y manejo de recursos.

Otro factor importante que puede incluirse es la ausencia de liderazgo (personas e instituciones) en una comunidad, capaz de impulsar los sentidos de coherencia, pertenencia, participación, seguridad y confianza ante la crisis. Que permitan fomentar y promover mediante la práctica social el descubrimiento de los valores de autonomía, de

solidaridad, dignidad y trascendencia, a fin de contribuir a forjar la identidad individual y social de la comunidad.

- *Factores de organización*: La falta de capacidad de una comunidad para organizarse y para establecer en su interior lazos de solidaridad y cooperación mutua y la representatividad o legitimidad de sus organizaciones y sus líderes.

Una comunidad organizada no solamente cuenta con mejores herramientas y posibilidades para contrarrestar los factores que causan riesgo y que pueden conducir a un desastre, sino que se encuentra en mejores condiciones para recuperarse en caso de que el desastre se produzca (tiene mayor resiliencia).

3.3.1.5 Factores económicos

La pobreza es quizás la principal causa de la vulnerabilidad en muchas de las áreas rurales. La escasez de recursos económicos en los miembros de la comunidad o la mala utilización de los recursos disponibles para una correcta gestión del riesgo.

Los casos comunes de este factor se expresan en desempleo, insuficiencia de ingresos o inestabilidad laboral, que implican la dificultad o imposibilidad total de acceso a una serie de servicios, básicos y formales (salud, educación, recreación), que contribuyen a integrar la vulnerabilidad .

2.3.2 La identificación de la vulnerabilidad

La identificación de la vulnerabilidad de un elemento (individuo, familia, comunidad) ante una eventual amenaza debe considerar todos o la mayoría de factores implicados y que favorecen una situación vulnerable. En consecuencia cada uno de los factores de vulnerabilidad (descritos anteriormente), deben ser analizados de manera integral para considerar que dicho elemento se encuentra o no en una situación vulnerable.

Partiendo del precepto que la vulnerabilidad no es un valor absoluto, ésta debe estar relacionada a un factor *-amenaza-* sobre la cual se está considerando y que el análisis de cada uno de los factores de la vulnerabilidad puede tomar distintos enfoques cuando la amenaza es distinta. No es lo mismo considerar los factores de vulnerabilidad física para un terremoto que para una inundación, pues una habitación construida de material de

cemento y de varios niveles puede presentar mayor vulnerabilidad hacia un terremoto, pero menor vulnerabilidad hacia una inundación y en caso contrario una habitación construida de material de campo (caña, bahareque, tanil) presenta menor vulnerabilidad a un terremoto, pero mayor a una inundación.

2.3.3 La evaluación de la vulnerabilidad

La evaluación de vulnerabilidad es una estimación de las pérdidas o daños que puedan ser causados por un evento natural de cierta severidad, incluyendo daños a la construcción, daños personales e interrupción de las actividades económicas y del funcionamiento normal de las comunidades (OEA, 1991).

Cardona (1993a) indica que una evaluación de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con el ambiente peligroso.

La cuantificación de los niveles de vulnerabilidad puede considerarse en términos cualitativos o cuantitativos, algunos estudios han contemplado una escala que cuantifica la vulnerabilidad en términos de escasa, baja, media, alta y extrema de acuerdo al grado de exposición del elemento bajo evaluación. Así mismo, puede ser evaluada y expresada en una escala que va de "0", ó sin daño a "1" o pérdida total, del resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso (Wilches-Chaux, 1993; UNEPAR-UNICEF, 2000),

2.3.4 La reducción de la vulnerabilidad

La reducción de la vulnerabilidad es un proceso dinámico y requiere la participación de los distintos actores dentro una comunidad. Es necesario como punto de partida definir la ubicación de la amenaza potencial, su grado de severidad, el periodo de retorno y la probabilidad de niveles de pérdida esperados, pues la planificación de estrategias para reducir la vulnerabilidad dependerán de la naturaleza tanto de la amenaza como de los factores que contribuyen a la vulnerabilidad misma.

El primer paso para reducir la vulnerabilidad es reconocer la importancia de los *conceptos preventivos* más que una *estrategia de respuesta*. Es decir, debe ocuparse de las amenazas y la vulnerabilidad *antes* y no *después* de que ocurran los eventos. El concepto

de reducción de vulnerabilidad es productivo y activo, dado que puede reducir la probabilidad de pérdidas antes de convertirse en una "tragedia real", y además, minimiza la magnitud de daños, reduce costos en términos de gastos de emergencia, recuperación y reconstrucción (BID, 1999; Zapata *et al*, 2000).

Para reducir la vulnerabilidad, es necesario comprender los factores que 'magnifican o intensifican los efectos de las amenazas, por ejemplo, las practicas agrícolas o ganaderas en las laderas, en las partes altas de las cuencas hidrográficas son responsables de un aumento en la escorrentía y el volumen de agua acarreado y por consiguiente de una mayor erosión de los suelos (BID, 1999).

Las medidas a implementar para reducir la vulnerabilidad deben ir acompañadas de un evaluación económica de los impactos negativos que causen las amenazas, aún cuando las pérdidas no siguen un patrón predecible por la variabilidad de los fenómenos (eventos con poca probabilidad de ocurrencia causan mayores pérdidas, y eventos más frecuentes y moderados presentan menores impactos); la comparación económica de las diferentes opciones permite a quienes formulan políticas a centrar sus esfuerzos en los programas que ofrezcan los mayores beneficios esperados (BID, 1999).

Entre los principales instrumentos para reducir la vulnerabilidad se puede mencionar la planificación y gestión del uso del suelo, el manejo integrado de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrográficas, la educación ambiental, la participación comunitaria, unido a un marco de políticas, programas y proyectos de desarrollo coherentes al ámbito local. La existencia de un marco institucional adecuado, así como los mecanismos para poner en práctica las medidas de reducción de la vulnerabilidad es de vital importancia .

2.3.5 La mitigación de la vulnerabilidad

Se entiende a la mitigación como un sinónimo de reducción de la vulnerabilidad, en el cual al eliminar o reducir en lo posible esa incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el auto ajuste los efectos de un determinado cambio en el ambiente, pudiendo lograr una disminución de los efectos que pueden ocasionar los desastres a dicha comunidad (Wilches-Chaux, 1993).

Mitigar significa proveer a los elementos vulnerables de las capacidades para enfrentar y soportar de cierta manera los efectos de un evento, a causa de la manifestación de una

amenaza. La mitigación como tal tiene por objetivos disminuir el riesgo presentado por los elementos vulnerables de una comunidad hacia una determinada amenaza, en un momento dado para resolver problemas inmediatos, y progresivamente reducir la vulnerabilidad de la comunidad mediante la transformación de las relaciones de producción (económicas, territoriales, ecológicas, sociales, culturales y políticas) que la condicionan (Maskrey, 1993).

La mitigación debe considerar entre sus principales puntos de intervención: a) actividades relacionadas a la generación de conciencia y conocimiento, tanto con respecto a los riesgos de amenazas específicas como a las características y causas de la vulnerabilidad, b) actividades relacionadas al apoyo y consolidación de los diferentes niveles de organización social y c) actividades relacionadas al desarrollo y aplicación en el campo de instrumentos y medidas apropiadas que permitan resolver problemas específicos (Maskrey, 1993).

Un ejemplo claro de mitigación de la vulnerabilidad se presentó en una región bajo amenazas de inundación en el Valle de Rímac en el Perú, en donde los distintos niveles de intervención contribuyeron a disminuir el impacto de las amenazas (Maskrey, 1984). Los niveles de intervención fueron:

- a) Mejoramiento de las construcciones nuevas y existentes para incorporar medidas de protección contra inundaciones; que corresponde al nivel de intervención de familias individuales y a veces de organizaciones comunales.
- b) Construcción de diques y otras formas de defensa en la ribera del río, que correspondan al nivel de intervención de organizaciones comunales y a veces de gobiernos locales.
- c) Implementación de obras a gran escala como la canalización de ríos, el manejo de cuencas hidrográficas y la reforestación; que corresponde al nivel de intervención de la corporación regional de desarrollo del conjunto de gobiernos locales o a sectores del gobierno central.
- d) Implementación de políticas y normas de planificación urbana y regional, políticas económicas y agrarias y otras que evitan el deterioro de las cuencas hidrográficas y la urbanización descontrolada de terrenos inundables; que corresponde al nivel de intervención de diversos ministerios del gobierno central.

2.3.6 El monitoreo de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad como proceso dinámico y cambiante presenta variaciones respecto al tiempo, y en virtud de esta característica, los cambios, tanto de aumento o disminución de la vulnerabilidad pueden ser medidos y cuantificados. El uso de indicadores fijos que permitan ser cuantificados en distintos períodos de tiempo y bajo metodologías establecidas y replicables se constituyen en la base para identificar los cambios en la vulnerabilidad.

El monitoreo a través de indicadores de vulnerabilidad facilita cuantificar impactos de acciones y estrategias implementadas con fines de reducir y mitigar la vulnerabilidad hacia desastres. Además es un instrumento que facilita visualizar cambios e identificar aspectos que necesiten mayor atención, y contribuye a identificar las brechas sobre las cuales se sustenta una situación vulnerable.

2.4 Los desastres

Se entiende por desastre a "un evento identificable en el tiempo y el espacio, en el cual una comunidad ve afectado su funcionamiento normal, con pérdidas de vidas y daños de magnitud en sus propiedades y servicios, que impiden el cumplimiento de las actividades esenciales y normales de la sociedad".

Un desastre se produce cuando hay una correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables, en otras palabras se considera que hay riesgo a desastre naturales, si algún fenómeno natural peligroso ocurre cuando hay situaciones vulnerables (Romero y Maskrey, 1993).

En los desastres está claramente implicado un fenómeno geofísico o biológico que de alguna manera los causa, sin embargo, es importante hacer notar que están vinculados directamente a un origen de carácter político, social y económico (Blaikie *et al*, 1996).

2.5 Criterios e indicadores

El uso de criterios e indicadores ha sido ampliamente utilizado en la medición del desarrollo sostenible, permitiendo identificar las dimensiones en las cuales existe cierto grado de perturbación. Para este estudio se considera las bases teóricas de los criterios e

indicadores aplicados a la medición del riesgo, considerando su aplicabilidad en la identificación y cuantificación de la vulnerabilidad, las amenazas y el nivel del riesgo.

Una evaluación a través del uso de indicadores es un proceso que permite describir el estado de un sistema (comunidad) y juzgar el progreso hacia una meta. Los indicadores son medidas que se toman para describir el estado o para monitorear los cambios en un sistema (Lee, 1997).

2.5.1 Criterio

Los criterios son una categoría de condiciones, procesos o aspectos mediante los cuales se puede evaluar un ecosistema determinado (cuenca, río, valles aluviales), o el sistema social con que interactúa (PROMA, 2000).

2.5.2 Indicador

Los indicadores hacen referencia a un parámetro cuantitativo o cualitativo que puede evaluarse en relación con un criterio. Describe de una manera verificable objetivamente características del ecosistema o sistema social relacionado, o describe elementos de la política prevaleciente y condiciones de manejo conducidos por el humano. Su observación periódica muestra tendencias (PROMA, 2000).

Los indicadores comunican información acerca del progreso hacia objetivos sociales como desarrollo sostenible. Un indicador provee una pista para un asunto de mayor significancia o hace perceptible una tendencia o fenómeno que no es detectable inmediatamente. Los indicadores representan un modelo empírico de la realidad, no la realidad misma, pero deben sin embargo, tener la factibilidad de ser analizados y una metodología de medición fija (Hammond *et al.* 1995, citado por Sepúlveda *et al.* 2001).

Los indicadores son una herramienta para agregar y simplificar información de naturaleza disímil de una manera útil y ventajosa. Un indicador es un número o una cualidad que pone de manifiesto el estado o condición de un proceso o fenómeno dados en relación con la sostenibilidad (Müller, 1996).

Los indicadores pueden ser medidos y valorados en distintas escalas (nominales, ordinales, de intervalo, de proporción) que representan las distintas situaciones de los indicadores y permiten tener valores precisos y comparativos (Lee, 1997).

2.5.3 Índices

Los índices se definen como la proporción entre los valores de una variable en diferentes momentos. Un índice puede ser construido también a partir de la razón entre diferentes valores.

Los índices son los datos que se encuentran en el final de una pirámide de información cuya base la constituyen datos primarios derivados de monitoreo de información en campo y análisis de esos mismos datos (Hammond *et al.* 1995 citado por Sepúlveda *et al.* 2001).

2.6 Experiencias en evaluaciones de vulnerabilidad

A nivel latinoamericano la organización que durante los últimos años ha puesto énfasis en estudios sobre vulnerabilidad, amenazas, riesgo y desastres ha sido La Red Latinoamericana para la reducción de desastres -LA RED-, quienes han publicado una serie de documentos técnicos que describen experiencias y conceptos generales acerca de estos temas. Organismos internacionales como la OEA, UNICEF, Banco Mundial, BID, entre otros, han desarrollado a nivel de países o regiones, estudios sobre situaciones específicas que evalúen la amenaza y la vulnerabilidad hacia fenómenos naturales.

Entre algunas de las experiencias específicas en torno a evaluaciones de vulnerabilidad, se citan las siguientes, las cuales se han desarrollado para grandes espacios territoriales (regiones, países):

Minaya (1998) desarrolló un estudio en la región de San Martín en el Perú (53064 km²), donde integró en un modelo de evaluación los componentes vulnerabilidad y amenazas. La vulnerabilidad fue evaluada mediante los siguientes indicadores de vulnerabilidad: población total, % de hogares con necesidades básicas insatisfechas, % de niños de 1er. grado de primaria con desnutrición crónica, % de población ocupada de 15 años y más en agricultura, densidad poblacional, tasa de crecimiento poblacional (1981-1993), promedio de años de estudio aprobados de la población de 15 años y más, tasa de analfabetismo y % de hogares sin artefactos electrodomésticos.

Asignando rangos y pesos para clasificar las condiciones de cada indicador, determinó el valor de los mismos para cada una de las poblaciones de la región, y finalmente a través de la sumatoria de los indicadores por población, estableció un nivel de vulnerabilidad para cada una de las poblaciones de la región.

UNEPAR-UNICEF (2000), a través de una firma consultora desarrollo en Guatemala una evaluación de vulnerabilidad para todo el país, evaluando vulnerabilidad física (enfocada hacia amenazas y fenómenos naturales), vulnerabilidad social, vulnerabilidad ambiental, e impacto económico, para lo cual trabajó con los siguientes indicadores de vulnerabilidad para cada uno de los 330 municipios que comprende el país; historial de fenómenos geodinámicos, hidrometeorológicos y geofísicos, densidad poblacional, tasa de crecimiento vegetativo (natalidad menos mortalidad), % de viviendas con energía eléctrica, agua potable y sistema de drenaje, tasa bruta de natalidad, tasa bruta de mortalidad, esperanza de vida de la población, tasa de mortalidad infantil, habitantes por camas de hospital, tasa neta de escolaridad primaria, tasa de analfabetismo, % PEA afiliada al seguro social, inversión del gobierno central, ingresos por IVA-PAZ, ingreso *per capita*, índices de consumo e índices de producción; de igual manera consideró aspectos relacionados a amenazas y condiciones ambientales, como cobertura forestal, zonas de vida y la capacidad de uso de la tierra.

Con base en esa información, se realizó una clasificación de los distintos niveles encontrados en cada uno de los indicadores y se realizaron clasificaciones cuantitativas a manera de obtener un valor para cada indicador y para cada uno de los municipios, luego en una ordenación de los valores se identificaron los municipios que presentaban mayores valores, los cuales fueron definidos como municipios con mayores niveles de vulnerabilidad.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Aspectos generales de la metodología

El estudio sobre evaluación de vulnerabilidad comprende una serie de fases consecutivas que incluye la recopilación de información secundaria y generación de información primaria recabada en las comunidades de la subcuenca.

Esta sección presenta una descripción de las condiciones biofísicas, sociales y naturales que se encuentran en la subcuenca que sirven de base para la evaluación de la vulnerabilidad, la cual, combinada con las amenazas, representan el riesgo hacia desastres.

El riesgo a desastres en la subcuenca se evalúa identificando el nivel de vulnerabilidad (*indicadores de vulnerabilidad*), complementado con información acerca de las amenazas (*Indicadores de amenaza*) que prevalecen en la subcuenca y los factores en los que se involucra la actividad cotidiana de los pobladores que coadyuvan a modificar la situación de riesgo (*Indicadores modificadores del riesgo*).

3.2 Ubicación del área de estudio

La subcuenca del río Matanzas pertenece a la cuenca del río Polochic ubicada al nor-oriente de Guatemala (figura 1). La subcuenca abarca áreas de los municipios de Purulhá, San Jerónimo y Salamá del departamento de Baja Verapaz, Morazán y San Agustín Acasaguastlan de El Progreso, que cubren la parte alta y media de la cuenca y la parte baja donde se encuentra la zona de confluencia entre el río Matanzas y el Polochic, pertenece al municipio de Santa Catalina La Tinta, del departamento de Alta Verapaz (figura 2). Las aguas del río Polochic fluyen hacia el lago de Izabal en el departamento del mismo nombre.

La cuenca del río Polochic tiene un área estimada de 2876 km² de los cuales 825 km² corresponden al área estudiada de la subcuenca del río Matanzas.

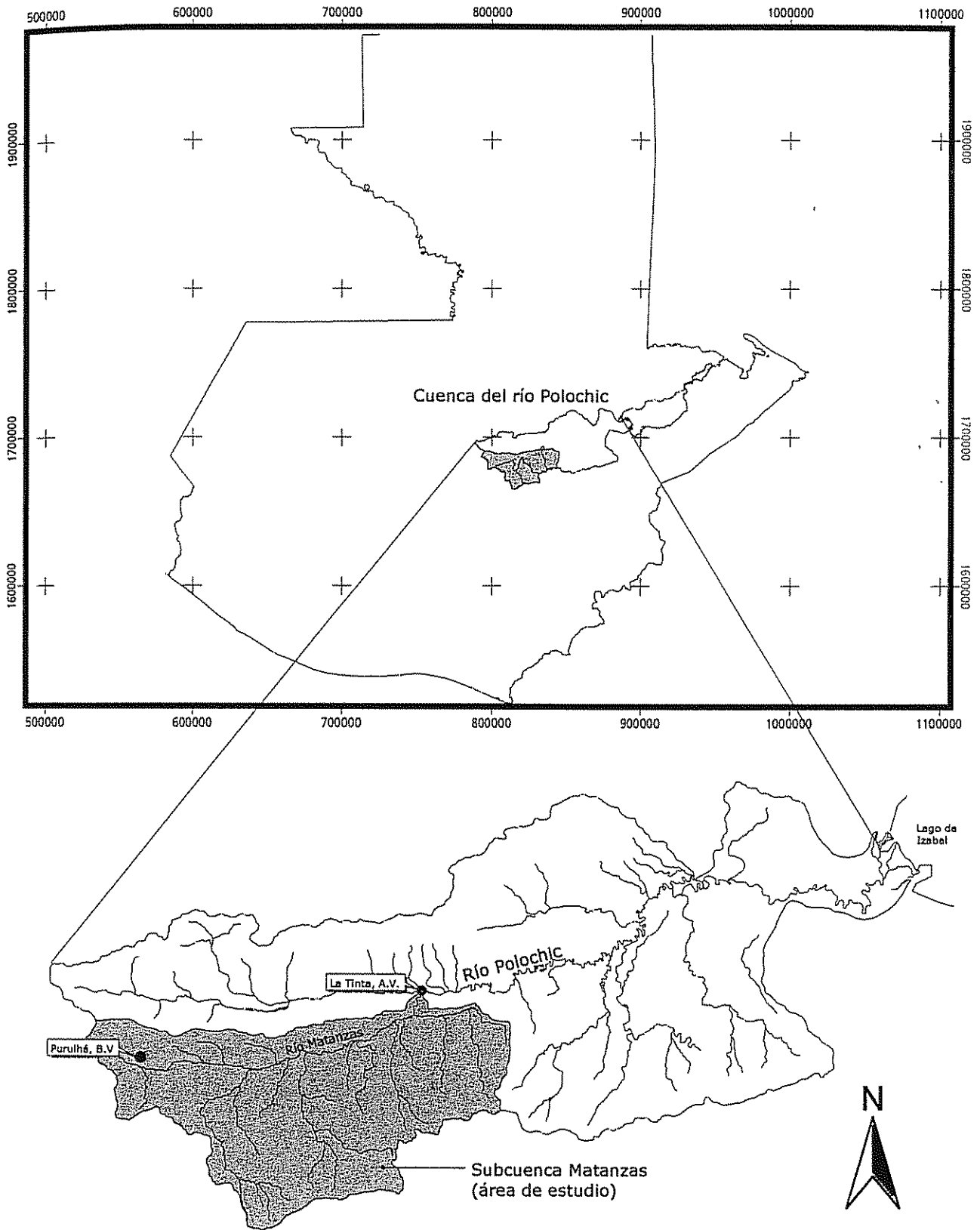


Figura 1. Ubicación geográfica de la subcuenca Matanzas en el río Polochic, Guatemala.

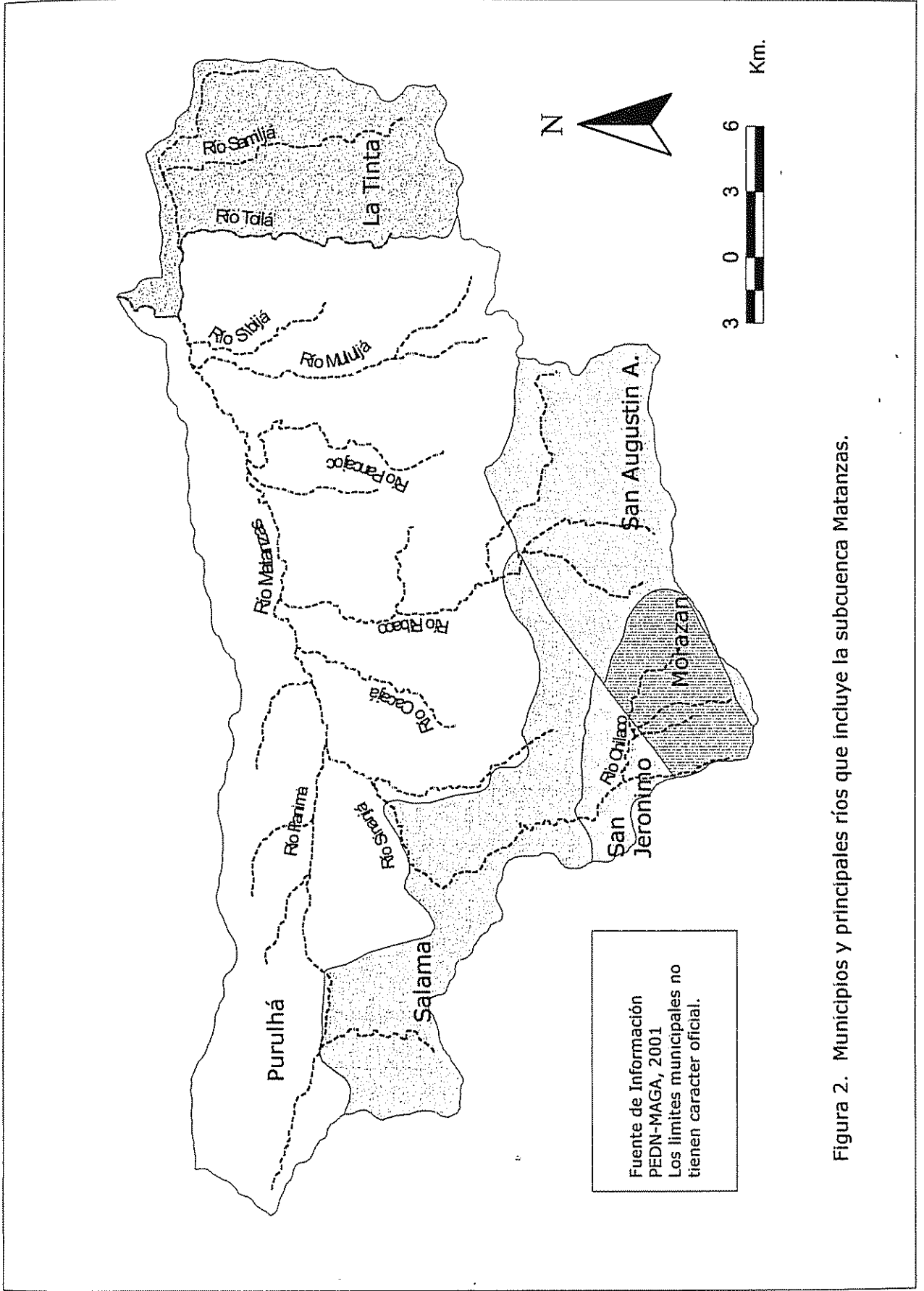


Figura 2. Municipios y principales ríos que incluye la subcuenca Matanzas.

3.3 Caracterización física

3.3.1 Climatología

La precipitación en la subcuenca es variada de acuerdo a las distintas zonas; en la parte alta se ubica la estación Chilasco en la aldea del mismo nombre, la cual reporta un promedio de 1514 mm anuales (14 años). En otro de los extremos de la parte alta de la cuenca la estación Concepción reporta un promedio de 3210 mm (21 años); y en la parte baja de la cuenca la estación Jolomjix (cercana a Santa Catalina La Tinta) reporta 3696 mm (INSIVUMEH, s.f.).

La temperatura de la región varía en relación a la altitud de la subcuenca, en la parte alta la temperatura promedio es de 20 °C, mientras que en la parte baja el promedio de temperatura es de 25 °C (INSIVUMEH, s.f.).

3.3.2 Geología

En cuanto a las características litológicas de la cuenca, un 70 % de la litología es sedimentaria. Existen diversos tipos de rocas en el área de la subcuenca; las principales formaciones que se reportan son: Sepur, Cobán, Chóchal, Tactic, Sacapulas y Todos Santos. Las principales características indican que existen; conglomerados transaccionales de pizarras y areniscas con interestratificaciones de rocas volcánicas y metavolcánicas, lutita café a negra y lodilita con capas de cuarcita, caliza y dolomita. En los cauces y márgenes de los ríos se encuentran depósitos fluviales más recientes formados de gneises, migmatitas, metagranitoides y granodiorita (CARE, 2001; IGN, 1980).

Por las características de la geología de la subcuenca Matanzas, se considera que no es determinante para diferenciar áreas prioritarias a zonas bajo amenaza, puesto que en toda la subcuenca pueden presentarse problemas debido a sus características geológicas, de ahí que otros factores (precipitaciones intensas, agricultura con labranza en zonas con alta pendiente, sismos, falta de cobertura adecuada de la tierra) coadyuvan a la manifestación de las amenazas.

La subcuenca del Matanzas muestra además un fracturamiento general en dirección Este-Oeste, debido a su ubicación dentro una zona de falla (falla del Polochic). Existen

variaciones abruptas de las características litológicas, plegamientos, alineamientos de cerros y abundantes pendientes escarpadas (CARE, 2001).

A lo largo del cauce del río Matanzas existen modificaciones en la estratificación de las rocas (principalmente lutitas), lo cual indica que el río corre a lo largo de una falla, paralela a la principal del Polochic. Así mismo, en toda la subcuenca existen zonas con sistemas de fracturamiento con pliegues de distinto tipo (discontinuos, angulosos) que evidencian la inestabilidad de los taludes y zonas con alta pendiente, que favorece la manifestación de movimientos de masas (deslizamientos, derrumbes) en caso de presentarse las condiciones favorables (CARE, 2001).

3.3.3 Fisiografía

La fisiografía de Guatemala está caracterizada por doce regiones fisiográficas, diferenciadas según el tipo predominante de la roca, de éstas se han identificado zonas a nivel de, subregión, gran paisaje y paisaje. La subcuenca Matanzas comprende parte de las tierras altas cristalinas y tierras altas sedimentarias, dentro las cuales se ubican subregiones como la Sierra de las Minas, Sierra de Chuacús, la región Montañosa Cobán-Senahú y la planicie aluvial del Polochic en la zona baja. Cada una de estas regiones conforman los distintos paisajes que definen las características de morfología de la subcuenca.

3.3.4 Características de los suelos

Los suelos de la subcuenca Matanzas de acuerdo a la clasificación realizada por Simons *et al.* (1959) para Guatemala, se localizan nueve tipos (*series*) que incluyen a los suelos Civija, Carcha, Chacalté, Marajuma, Polochic, Sholanima, Teleman, Tamahú y suelos de valles. Las características generales de estos suelos es que provienen de un material madre de ceniza volcánica, esquistos, caliza, mármol, serpentina y aluvión. El relieve va de fuertemente escarpado, escarpado y ondulado. El drenaje interno es bueno, las coloraciones varían de café oscuro, rojizos y gris café-sáceo. La textura es franco limosa, y arcillosa friable. Las profundidades van de 5 cm hasta 30 cm en las partes más profundas.

3.3.5 Amenazas a deslizamientos

Se han identificado zonas con mayor riesgo a deslizamientos, el estudio realizado por Madre Tierra S.A. para CARE, reporta que existen algunas zonas con mayor riesgo a sufrir deslizamientos. Se identificaron tres deslizamientos de movimiento circular planar, sus dimensiones se encuentran en el orden de 5 mil metros cúbicos de material movilizado, debido a sobrecarga de agua pluvial y por factores determinó, la pendiente donde se han presentado los deslizamientos es de 27° (CARE, 2001).

Las zonas se identificaron con base en factores como la litología (que incluyó el tipo, estratificación y fracturamiento de las rocas), el relieve, la precipitación pluvial de la zona y la humedad del suelo (CARE, 2001). La combinación de estos factores determinó las zonas donde hay mayores posibilidades que ocurran deslizamientos, incluyendo la presencia de algunas zonas donde han ocurrido deslizamientos. El mapa generado producto de este análisis es utilizado en el presente estudio, para identificar el nivel de riesgo en las comunidades presentes en la zona, mediante el uso de un índice de amenaza a deslizamientos.

3.3.6 Otras amenazas en la subcuenca Matanzas

- *Los derrumbes* son una amenaza que prevalece en la zona, principalmente a inmediaciones de los taludes cortados en la orilla de caminos, situación que se evidencia durante la época de invierno cuando las lluvias son más intensas. De igual manera en la ribera del río donde los taludes son afectados por el mismo río. Estos derrumbes no son en sí una amenaza hacia las comunidades como tal, sin embargo, afectan la actividad productiva de transporte de productos agrícolas hacia los centros de mercado.

- *Las inundaciones* en la subcuenca Matanzas no han sido elemento que haya causado amenaza a los habitantes, las características mismas de la cuenca (pendiente, cauce bien definido, pocas zonas planas en la ribera del río) no intensifican esta amenaza, a pesar que los niveles del río se incrementen. Es importante mencionar que a pesar de la ausencia de esta amenaza dentro la subcuenca, el río se convierte en un factor determinante para causar inundación en zonas donde desemboca el río Matanzas hacia el Polochic. La zona bajo mayor amenaza a inundación es la cabecera municipal de Santa Catalina La Tinta, ubicada en las márgenes del Polochic.

- *Los sismos* son una amenaza que afecta a toda Guatemala en cuanto a frecuencia y recurrencia de los mismos. La ubicación geográfica de la subcuenca Matanzas dentro de una región donde la falla Chixoy-Polochic y la falla del Motagua, agrava esta amenaza (CARE, 2001). Registros del INSIVUMEH, respecto a sismos de los últimos 100 años fueron utilizados por el MAGA para presentar un mapa de riesgo a sismos, el cual es utilizado para identificar el nivel de riesgo en las comunidades de la subcuenca (MAGA 2000).

3.4 Caracterización socioeconómica regional

La región nor-oriental del País, donde se ubica la subcuenca Matanzas, reporta una densidad poblacional de 61 habitantes por km² para 1999 (ONU, 2000). En la subcuenca se estima una densidad de 41 habitantes por km² para 2001. Un 92% de la población es indígena perteneciente a las etnias Queqchí y Pocomchí (INE, 1994).

El analfabetismo en la región para 1999 alcanzó un 51.3% en Alta Verapaz y 41.9% en Baja Verapaz. Para el año 1998 se reporta una tasa de mortalidad infantil de 54%, una tasa de global de fecundidad de 5.4%, y una tasa de desnutrición crónica de 49.1 (ONU, 2000)

Los indicadores regionales sobre necesidades básicas insatisfechas para el área de la subcuenca reportan para 1998 un hacinamiento de 59.2%; servicio de agua de 12.1%; servicio sanitario de 34.9%; asistencia escolar de 24.3%; Insuficiencia de ingresos de 12.7%, calidad de vivienda de 24.4%. Un índice de desarrollo humano de 0.5, un índice de desarrollo de la mujer de 0.16 y un índice de exclusión del desarrollo social de 30 (ONU, 2000).

3.5 Caracterización de los recursos naturales

3.5.1 Recursos forestales

Los recursos forestales de la subcuenca están compuestos por bosques de coníferas donde predominan los pinos y bosques de latifoliadas en las partes altas (bosques nubosos y pluviales). El área de la cuenca de acuerdo a la fotointerpretación realizada con datos de 1997 y 2000, reporta que existen 6102 ha de bosque de coníferas correspondientes a un 7.36% del área y 37455 ha de bosque de latifoliadas

correspondiente al 45.22% del área¹. Estas cifras indican que cerca del 50% de la subcuenca Matanzas tiene cobertura forestal, lo cual es un indicador del grado de estabilidad que puede presentar la subcuenca como ecosistema, sin embargo, la situación del restante 50% de la tierra sin cobertura forestal coadyuva a la manifestación del riesgo.

3.5.2 Áreas protegidas

Gran parte de los recursos forestales se encuentran ubicadas en las áreas protegidas que incluye la subcuenca. La Reserva de Biosfera de Sierra de las Minas se constituye en la principal zona de protección, la cual constituye un 43.26% (35690 ha) de subcuenca, además incluye un 24.70% (20283 ha) como de zona de amortiguamiento. El biotopo del Quetzal "Mario Dary" es otra de las áreas protegidas que se ubican dentro la subcuenca, de la cual abarca un 0.65% (536 ha) de la subcuenca.

En general el 68.61% de las tierras de la subcuenca Matanzas están bajo el régimen de áreas protegidas. Estas zonas se constituyen en el principal amortiguador hacia amenazas en la subcuenca, sin embargo, los recursos forestales que se ubican dentro la zona de amortiguamiento, en su mayoría no están recibiendo manejo forestal alguno, únicamente se encuentran aproximadamente 146.36 ha (Mocohán, Chantel y Monte Verde) bajo manejo forestal (INAB, 2001).

La municipalidad de Purulhá posee un área la cual están destinando a establecerlo como un corredor biológico, el área es de propiedad municipal y se encuentra fuera de las áreas de protección mencionadas.

3.5.3 Zonas de vida

La diversidad de ecosistemas en la subcuenca se ve reflejada en las zonas de vida que presenta, de acuerdo a la clasificación de L. Holdridge, la subcuenca incluye 33286 ha de bosque muy húmedo subtropical cálido (40.34%), 23585 ha de bosque pluvial montano bajo (39.50%), 16585 ha de bosque muy húmedo subtropical frío (20.10%) y 46 ha de bosque húmedo subtropical templado (0.06%).

¹ Datos obtenido en consultaría sobre zonificación de uso de la tierra, ejecutada por Georecursos, para Tesis J. Robledo y M. Buch. CATIE, 2001.

3.5.4 Recursos hídricos

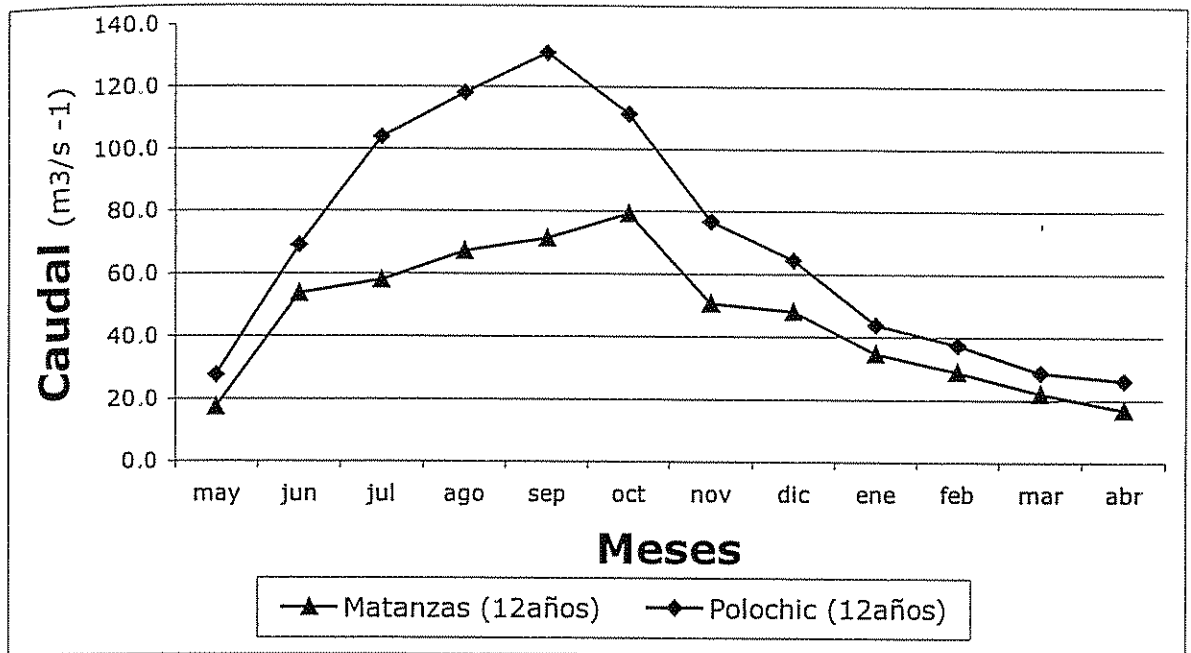
El drenaje superficial de las corrientes en la subcuenca Matanzas se presenta en forma dendrítico y paralelo, la densidad del drenaje depende del relieve, presentándose en las partes abruptas y onduladas un drenaje fino, mientras que en las zonas con menor pendiente se presenta una densidad media.

La red hídrica esta conformada por una corriente principal a la cual se le denomina río Panimá en la región donde emerge (cabecera municipal de Purulhá), a la cual se le adhieren una serie de riachuelos que conforman varias microcuencas entre las principales están las formadas por los ríos Chilasco, Sinanja, Cacajá, Ribaco, Pancajoc, Mululjá, Sibijá, Toilá, Samiljá, para formar el río Matanzas, el cual converge con el Polochic en el municipio de Santa Catalina La Tinta, A. V.

Los patrones de precipitación varían conforme a la época de lluvia, presentándose los niveles mas altos en los meses de agosto a octubre. Los caudales del río Matanzas contribuyen en un 64 % al caudal que corresponde al río Polochic. Según datos de la estación hidrológica ubicada al final del río Matanzas (Matucuy) y la estación ubicada a 25 km (Teleman) después del punto donde convergen ambos ríos. El área de la subcuenca Matanzas corresponde al 28.7 % del área total de la cuenca del río Polochic.

El caudal promedio del río Matanzas es de $45.6 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ ² y el del río Polochic en la estación Teleman es de $70.9 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ (figura 3) .

² Datos correspondiente a 12 años de observación entre 1971 y 1986. No existe información reciente del caudal del río Matanzas y Polochic (INSIVUMEH, 1986).



Fuente: Elaboración propia con datos de INSIVUMEH, 1986.

Figura 3. Caudales promedio mensual en 2 puntos de la cuenca del río Polochic.

Los máximos caudales obtenidos en el río Matanzas durante los meses de mayor precipitación han estado alrededor de los $140 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$. Las crecidas históricas presentadas en la cuenca reportan $360 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ en junio de 1980 y $754 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ durante la presencia de la tormenta tropical Mitch que afectó la región en 1998. Esta última fue la que causó grandes problemas a lo largo de la ribera del río Polochic, siendo una de las cuencas más afectadas en Guatemala (López, 1999).

Como se mencionó en una sección anterior, dentro la subcuenca no existe la amenaza a inundaciones, sin embargo, el río Matanzas tiene una influencia directa e importante en el río Polochic, por la contribución a su caudal. Y las poblaciones en la rivera del Polochic a partir del Municipio de La Tinta, presentan mayor grado de amenaza a inundaciones por las imprevisibles crecidas del río.

La falta de información hidrológica dentro la subcuenca también se constituye en una limitante para conocer el aporte de los distintos ríos hacia el cauce principal de la subcuenca Matanzas, de igual manera, no permite hacer una correlación entre el estado

de los ecosistemas y los caudales producidos por cada una de las áreas de las microcuencas.

La vulnerabilidad del recurso hídrico a lo largo de la subcuenca se evidencia en la calidad que presentan las aguas superficiales, la cual se ve afectada por actividades agrícolas, principalmente al convertirse en vertederos de residuos provenientes del beneficiado de café; y en otros casos por residuos de productos químicos de las zonas cultivadas con hortalizas para exportación.

El transporte de sedimentos por el río Matanzas contribuye a incrementar los niveles de amenaza a inundaciones en las riveras del río Polochic, pues estos sedimentos son depositados y acumulados en áreas donde las crecidas ocasionan frecuentes inundaciones.

3.5.5 Sistemas de producción

La principal actividad productiva de la subcuenca es mediante la agricultura, 12085 ha (14.58% del área de la cuenca) están siendo utilizadas para cultivos anuales, principalmente el cultivo del maíz y frijol para autoconsumo, en áreas cercanas a la cabecera municipal de Purulhá y en Chilasco, se siembran hortalizas para venta local y exportación.

Otros cultivos principales en la subcuenca son el café y cardamomo, los cuales se constituyen en el soporte económico para las familias de las comunidades de la subcuenca. También existen fincas que dedican gran parte de sus áreas al cultivo de café. Existen además áreas con pastizales, en las cuales se tiene ganado vacuno.

El manejo de los cultivos agrícolas incluye actividades no sostenibles como la aplicación de rozas (quemadas controladas de matorrales y barbecho) que favorecen la pérdida del suelo por la erosión al dejarlo al descubierto.

El régimen de propiedad de la tierra es variable, existen fincas privadas donde el sistema laboral data de la época de la colonia, donde los trabajadores viven en las fincas, obtienen áreas para cultivos a cambio del trabajo en la finca, además de vender su mano de obra en la misma finca. En otros casos, las fincas han sido asignadas o vendidas a los miembros de las comunidades, quienes combinan las áreas tanto para cultivos de venta

(café y cardamomo) y para cultivos de autoconsumo (maíz y frijol). En estas fincas asignadas a las comunidades existen grandes áreas con recursos forestales que actualmente no están siendo manejadas; la mayoría se encuentra dentro de la Reserva de Biosfera de Sierra de las Minas y en la Zona de Amortiguamiento de la misma.

El relieve y topografía de la subcuenca hace ver que la agricultura no es la actividad potencial para la misma, sin embargo, las condiciones de los pobladores los obliga a desarrollar agricultura en zonas no aptas para esa actividad, situación que retoma mayor gravedad cuando se observa que no existen (excepto una comunidad) prácticas de manejo adecuado de los cultivos agrícolas.

3.5.6 Intensidad de uso de la tierra

La capacidad de uso de las tierras de la subcuenca Matanzas estimada con base en la metodología de la USDA, reporta que un 83% del área (68835 ha) pertenece a las clases VII y VIII, potenciales para el mantenimiento de recursos forestales. Un 11.4% del área (9504 ha) pertenece de las clases I a IV, que pueden ser utilizadas para agricultura con prácticas de conservación de suelos, mismas que no están siendo aplicadas.

La intensidad de uso de la tierra se obtuvo con base en la capacidad de la tierra y la cobertura de la misma. Identificando áreas con *sobreuso* a aquellas que su utilización sobrepasa su capacidad de uso (22.5% de la subcuenca), áreas de *uso correcto* a aquellas que su utilización corresponde a su capacidad de uso sin favorecer el deterioro de los recursos naturales (72.9%), y áreas que se encuentran con *subuso* como aquellas destinadas a actividades que están por debajo de la capacidad de uso (4.6%).

El uso de las tierras para fines no aptos (*sobreuso*), repercute sustancialmente en los niveles de erosión que se presenten en la subcuenca, una cuantificación teórica indica que la erosión dentro la subcuenca es de aproximadamente de 342 toneladas de suelo por hectárea por año. Esta cifra fue calculada con base en la formula de la USLE (universal soil loss equation), para las áreas que están siendo sobreutilizadas y aunque no refleja la cantidad de suelo que es perdido totalmente hacia fuera de la subcuenca, es un indicador del movimiento interno del suelo de un lugar a otro dentro la subcuenca.

La vulnerabilidad del recurso suelo ante amenazas como la erosión misma, se ve incrementada en las áreas donde se practica agricultura sin conservación. Por otro lado,

las actividades como tumba y quema que aunque en menor escala, incrementan éstas áreas cada año. Esta vulnerabilidad de los recursos naturales viene a contribuir de manera negativa hacia el nivel de vulnerabilidad global de la subcuenca.

3.6 Selección de los indicadores para identificar el nivel de riesgo

Diversas metodologías han sido experimentadas en estudios de vulnerabilidad alrededor del mundo, particularmente en Latinoamérica, diferentes instituciones han desarrollado e implementado sus propias metodologías para cuantificar los distintos enfoques de la vulnerabilidad, considerando que los ambientes son notablemente variables para cada país.

Por otro lado, la identificación de amenazas ha resultado más factible de uniformizar, considerando que muchos de los parámetros que pueden caracterizarla son de carácter uniforme y aunque son dinámicos en el tiempo, es posible replicarlos en distintos ambientes y periodos de tiempo.

En América Central después del paso del huracán Mitch se ha incrementado el interés por identificar y cuantificar la vulnerabilidad de las comunidades, determinar las posibles amenazas "*naturales*" y por consiguiente determinar el nivel de riesgo en que se encuentra la población.

El marco metodológico contemplado se basa en un análisis de manera integral de los actores que intervienen directamente en el riesgo. Mediante el uso de criterios e indicadores que manifiesten el grado de riesgo de las comunidades (centro poblados), considerando a la cuenca hidrográfica como unidad de trabajo y a los centros poblados presentes en ella como los elementos de evaluación.

En cada uno de los criterios seleccionados, se definieron los parámetros o indicadores que cuantitativa y cualitativamente permitiera describir las características de las *comunidades de la subcuenca*, y que proyectaran un resultado cercano a un patrón real de "*vulnerabilidad local*".

3.6.1 Selección de los indicadores de vulnerabilidad.

Existe un listado amplio de los criterios e indicadores que pueden identificar claramente la vulnerabilidad en sus distintos enfoques, reconocer zonas con potencial de amenazas y considerar la intervención (positiva y/o negativa) del hombre hacia estos factores. Empero el uso de estos, está limitado a la escala de trabajo y al acceso de información disponible.

La selección de cuáles indicadores serían contemplados para estimar la vulnerabilidad y el riesgo, involucró los siguientes aspectos:

- a) Experiencias de investigaciones realizadas en ámbitos similares (por ejemplo, Minaya, 1998; UNEPAR-UNICEF, 2000), donde utilizaron indicadores que proyectaron las condiciones influyentes en los niveles de vulnerabilidad.
- b) La adaptación y representación del indicador a nivel de la cuenca hidrográfica.
- c) La disponibilidad de información y la facilidad de medición en el campo (a nivel de comunidades).
- d) Las características de los indicadores que sean dinámicos y sensibles a cambios en los sistemas.
- e) La posibilidad de monitorear los cambios en estos mismos indicadores, con base en las intervenciones (principalmente positivas) a fin de determinar las variaciones (mitigación y reducción de la vulnerabilidad) en la dimensión temporal de cada indicador.
- f) Considerar que los indicadores representen las condiciones que afectan la vulnerabilidad y los factores del riesgo.
- g) Que representen variabilidad dentro de la subcuenca, a efecto de poder diferenciar distintos niveles de vulnerabilidad dentro de la cuenca hidrográfica.
- h) Que incluyeran los distintos actores que influyen y determinan el riesgo.

La selección de los indicadores, aún cuando existe un gran número de ellos, se basó en considerar a "los más importantes" que representaran *localmente* las condiciones y niveles de vulnerabilidad. Fortalecido por procesos de revisión de estudios que se han realizado utilizando indicadores de vulnerabilidad y el reconocimiento previo de la zona de estudio.

En el marco de los indicadores evaluados estuvieron aquellos que a nivel local caracterizaran una situación de riesgo para las comunidades y que consideraran un

análisis de los distintos actores en dicha situación. Los indicadores se aglutinaron en cuatro grupos que representan los distintos escenarios que contribuyen a crear una situación de riesgo. A continuación se presentan cada uno de los grupos de indicadores evaluados, mientras que la descripción, importancia y aporte al nivel de vulnerabilidad de cada indicador se describe en la sección de valoración de indicadores.

3.6.2 Indicadores de vulnerabilidad física de una comunidad

Este grupo de cinco indicadores considera directamente las características físicas de las comunidades en términos de infraestructura. Estos indicadores sumados a los indicadores de vulnerabilidad social nos proyectan un indicador general de vulnerabilidad para la cuenca .

Cuadro 1. Indicadores de vulnerabilidad física evaluados

| CONDICIÓN FÍSICA DE LA COMUNIDAD | |
|---|---|
| Criterios | Indicadores |
| 1. Vivienda | Tipo de vivienda Ubicación de la vivienda |
| 2. Infraestructura comunal | Tipo de edificación comunal Accesibilidad a la edificación comunal |
| 3. Accesibilidad | Calidad de vías de comunicación |

3.6.3 Indicadores de vulnerabilidad social de una comunidad

Este grupo de indicadores considera evaluar la situación social en la que se encuentran cada una de las comunidades, la medición de éstos indicadores representa de manera concisa la problemática que agudiza una situación vulnerable, principalmente cuando los valores de los indicadores se inclinan hacia una situación donde la deficiencia en servicios sociales es evidente.

Cuadro 2. Indicadores de vulnerabilidad social evaluados

| CONDICIÓN SOCIAL DE LA COMUNIDAD | |
|---|--|
| Criterios | Indicadores |
| 1. Población | Densidad poblacional |
| 2. Educación | Porcentaje de analfabetismo Grado de escolaridad |
| 3. Salud | Tipo de servicio de salud Acceso al servicio de salud |
| 4. servicios básicos | Electricidad Agua potable Deposición de excretas (drenaje) |

3.6.4 Indicadores del grado de amenaza en la cuenca

Las características naturales de la cuenca del río Matanzas hacen que problemas como los deslizamientos y derrumbes ocasionados por el tipo de material geológico y las condiciones climáticas prevalentes en la cuenca. En este grupo se incluyeron tres tipos de indicadores: a) los relacionados directamente a amenazas identificadas y que se consideran latentes, puesto que pueden presentarse cuando las condiciones son favorables; b) la recopilación de hechos históricos narrados por los miembros de las comunidades, y c) las características de los ecosistemas que pueden considerarse bajo ciertas circunstancias una amenaza para las comunidades, sobre todo aquellas en las que el grado de vulnerabilidad es evidente.

Cuadro 3. Indicadores del grado de amenazas evaluados

| AMENAZAS HACIA LAS COMUNIDADES DE LA CUENCA | |
|--|--|
| Criterios | Indicadores |
| 1. Eventos de origen natural o antrópico | Frecuencia de aparición de fenómenos Tipo de daño causado |
| 2. Tipo de amenaza latente | Amenaza a sismos Amenaza a deslizamientos |
| 3. Agroecosistemas | Tipo de cobertura de la tierra Intensidad de uso de la tierra |

3.6.5 Indicadores de variación del riesgo

El riesgo considerado como un modelo dinámico se convierte en un elemento que presenta variabilidad, a medida que cada uno de sus componentes muestren distintos escenarios que contribuyan de manera "natural" a tolerar o incrementar el nivel de vulnerabilidad existente en las comunidades.

Aun, cuando bajo este grupo pueden ser considerados una serie de indicadores que permitan variar (disminuir o aumentar) el grado de riesgo de una comunidad, las restricciones en cuanto a variabilidad de los mismos, lo hacen imperceptibles al momento de medir la variabilidad en el riesgo. De tal manera que para el presente caso únicamente se consideraron dos criterios, los cuales además de presentar variabilidad dentro la cuenca, contribuyen a fortalecer el análisis de la vulnerabilidad existente.

La particularidad de estos indicadores es que en los distintos niveles de evaluación esta involucrado el accionar del factor humano, quien incide directamente en el valor que puedan recibir estos indicadores dentro la evaluación.

Cuadro 4. Indicadores que influyen en la variación del riesgo evaluados

| CONDICIONES QUE VARIAN LA SITUACIÓN DEL RIESGO | |
|---|--|
| Criterios | Indicadores |
| 1. Agroecosistemas | Intensidad de uso de la tierra Tipo de cobertura de la tierra |
| 2. Preparación al riesgo | Organización comunitaria Medios de Comunicación |

El grupo de indicadores de estas cuatro condiciones evaluadas, se integran mediante la fórmula general del riesgo, la figura 4 muestra el modelo de integración de cada uno de los factores que permite cuantificar el nivel del riesgo.

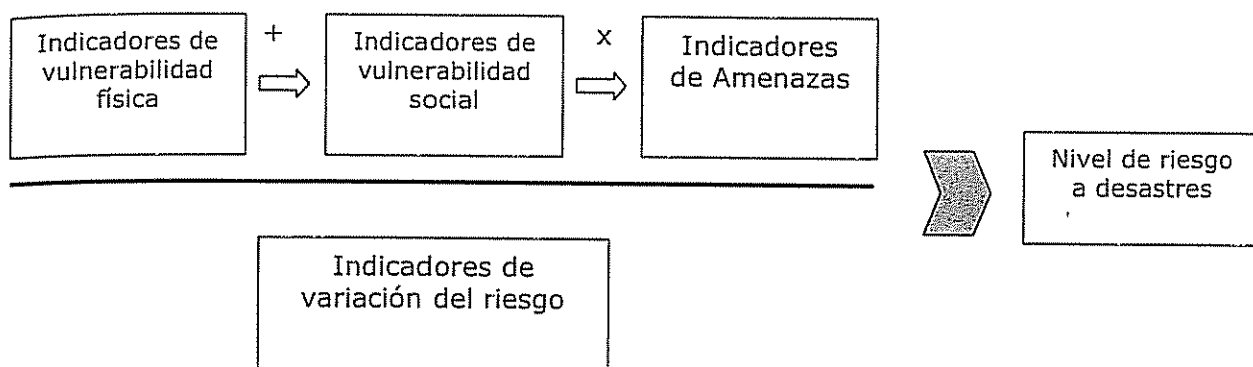


Figura 4. Modelo de análisis integrado de los indicadores para determinar el nivel del riesgo.

3.7 Medición de los indicadores seleccionados

La medición de los indicadores que permitieron cuantificar el nivel de riesgo de cada una de las comunidades de la subcuenca, se desarrolló en las siguientes etapas:

- a) Se elaboraron formatos de recopilación de información que facilitaron, la toma de datos en el campo de cada uno de los indicadores (anexo 1) durante las visitas a las comunidades. Así mismo se elaboró protocolo que sirviera de guía de campo para la recolección de información de los indicadores (anexo 2).
- b) Se identificaron las comunidades ubicadas dentro los límites de la subcuenca Matanzas, las cuales incluyeron los municipios de Purulhá, Salamá y San Jerónimo del departamento de Baja Verapaz y Santa Catalina La Tinta del departamento de Alta Verapaz. Esta identificación se elaboró con base en los datos del Instituto Nacional de Estadística y listados de comunidades de cada Municipalidad.
- c) Se visitaron 101 comunidades ubicadas dentro la subcuenca, excluyendo únicamente aquellas que aparecían registradas pero que no contaban con pobladores (según datos del INE, 1994) y la comunidad de San Francisco II donde nos restringieron el acceso.
- d) Se planificaron reuniones con los líderes de las comunidades que se constituyeron en los informantes clave (mediante cartas enviadas con el aval del Alcalde Municipal) que en la mayoría de casos fueron acompañados por gran parte de la comunidad, se recabo la información de los formatos y se hicieron recorridos por la comunidad con el objeto de conocer las condiciones del centro poblado. Durante las

visitas a las comunidades se contó con la participación de traductores locales, debido a que los idiomas que se hablan en la región son Poqomchi y Queqchí.

- e) La información obtenida de cada comunidad se ordenó en una base de datos, para lo cual se utilizó el programa Excel, en donde hizo una valoración y estandarización de los indicadores calculando los índices para cada indicador y posteriormente se procedió al análisis de los mismos.

3.8 Valoración y estandarización de los indicadores

Para lograr una uniformidad en el análisis de los distintos indicadores, sabiendo que algunos mostraban valores cualitativos, y otros proyectaban valores cuantitativos, se optó por estandarizar las variables dentro de cada uno de los indicadores.

Esta estandarización dentro de los indicadores partió del concepto de analizar el grado de influencia que los distintos valores (variable observada) tenía dentro del indicador para obtener un determinado nivel de severidad, tanto en la vulnerabilidad, en las amenazas, como en la misma variación del riesgo.

Como primer paso se optó por asignar un valor cuantitativo a cada variable dentro del indicador, para lo cual se consideró una escala lineal de 0 (cero) a 1 (uno); esta asignación de valores se realizó con base en las características del indicador y de los niveles observados del mismo.

Para el caso de la valoración de vulnerabilidad y amenazas, en la escala utilizada el valor "0" significa que el aporte del indicador es menos significativo al nivel del riesgo, es decir, que el elemento bajo análisis presenta un nivel bajo a vulnerabilidad o amenaza. Y el valor "1" significa que el aporte del indicador es significativo, en el sentido que la situación en la que se presenta el indicador es determinante y su aporte al nivel del riesgo es fundamental.

En la escala aplicada particularmente a la vulnerabilidad y amenazas al asignarles un valor cualitativo al valor numérico, se distribuyó en rangos, quedando de la siguiente manera:

Cuadro 5. Escala de intervalos de valores para los niveles de vulnerabilidad y amenazas

| Índice | Vulnerabilidad / Amenaza |
|-----------|--------------------------|
| 0.0 -0.33 | Baja |
| 0.34-0.66 | Media |
| 0.67-1.00 | Alta |

Para el caso de los indicadores que modifican el nivel de riesgo, también se aplicó una escala lineal con valores de "0" a "1"; en donde un valor cercano a "0" significa que estos indicadores están incrementando el nivel de riesgo, mientras que un valor cercano a "1", significa que se está manteniendo el nivel del riesgo.

Cuadro 6. Escala de valores para los niveles de tendencia del riesgo

| Índice | Variación del riesgo |
|---------------|----------------------|
| Cercano a "0" | Incrementa el riesgo |
| Cercano a "1" | Mantiene el riesgo |

La asignación de los valores cuantitativos se realizó siguiendo dos opciones: a) para indicadores que se midieron con un valor numérico real se calculó un índice del indicador. Este índice clasifica las distintas variables observadas entre el rango de 0 a 1. En la metodología de cálculo se explica en cada uno de los indicadores y, b) para indicadores que se midieron con observaciones no numéricas (variables observadas), se asignó un valor directo en una escala lineal, la cual se consideró de igual manera de 0 a 1, con base en el grado de severidad e importancia hacia el indicador de cada variable observada.

3.8.1 Ponderación de los indicadores

Durante la estimación del índice para los indicadores (en algunos casos) se hizo necesaria la aplicación de una escala de ponderación, con el objeto de asignarle un mayor peso al valor del indicador de las situaciones más críticas dentro cada nivel del indicador evaluado, y hacer del índice de ese indicador un valor más representativo de la situación que predomina (vulnerable o no).

Esta ponderación se realizó en las variables que dentro del resultado obtenido se presentaban distintas condiciones, por ejemplo los porcentajes de niveles evaluados respecto a una variable, que en caso de asignarles un valor directo al resultado más alto (porcentaje) se estaba descartando el aporte de las otras condiciones.

La asignación de los valores de ponderación se basó en una escala lineal que partía del "0" o la situación más favorable (o menos crítica) seguida por los valores 1,2,3,4, dependiendo del número de observaciones obtenidas en la variable, hasta signar el máximo valor a la situación del indicador menos favorable hacia la vulnerabilidad o las amenazas (más crítica). Estos valores fueron asignados mediante "juicios de valor" fundamentados en una base conocimientos.

A continuación se describen los distintos indicadores utilizados, así como la escala de valores asignados o índices calculados para cada uno.

3.8.2 Indicadores de vulnerabilidad física de una comunidad

Bajo esta condición se incluyen indicadores que reflejan los aspectos físicos (aún cuando tienen cierto carácter social), de las condiciones en las que se encuentran las distintas comunidades de la cuenca hidrográfica. Estos indicadores reflejan de cierta manera un grado de vulnerabilidad física, técnica, económica, educativa e institucional que conlleva una comunidad específica.

3.8.2.1 Tipo de vivienda

El tipo de material del cual están construidas las viviendas se constituye en un elemento fundamental de vulnerabilidad, sobre todo cuando existen amenazas a deslizamientos. Un material como cemento (*block*) puede implicar que la población disponga del tiempo suficiente para evacuar sus viviendas en caso de identificarse un deslizamiento, o en otro caso, las casas de este material muestran más resistencia y soporte a los movimientos de material geológico.

Otros materiales de uso común en las áreas rurales de Guatemala son *madera* y *tanil*, estos materiales muestran mayor susceptibilidad a ser afectadas durante la manifestación de una amenaza como los deslizamientos, sin embargo, en el caso de la madera, ésta puede mostrar cierta seguridad cuando la cantidad de material desplazado no es excesivo, no obstante, las casas construidas de tanil que es un material muy frágil, se consideran como las de mayor vulnerabilidad.

El indicador tipo de vivienda contribuye a formar un nivel de vulnerabilidad cuando los pobladores tienen un grado de exposición a una amenaza identificada.

Las variables o valores observados en este indicador fueron el porcentaje de casas que se incluían en cada tipo de material (cemento, madera y tanil), y para asignar un valor a cada una de las variables se calculó un índice de tipo de vivienda, obtenido de la siguiente forma:

Se cuantificó el porcentaje de casas en la comunidad para los distintos tipos de viviendas evaluados (cemento), madera y tanil).

Se asignó un valor de ponderación lineal (**vp**) a cada tipo de vivienda, considerando el valor más bajo (vp de "0") al material considerado "menos crítico", en este caso para las casas construidas de cemento, las cuales teóricamente se consideran más resistentes a una amenaza de deslizamiento. Para las casas construidas de madera se asignó un vp intermedio entre los dos extremos que en este caso corresponde a 1; y el máximo valor (vp de 2) al material considerado con un nivel "más crítico", que en este caso corresponde a las casas construidas de tanil, que serían las más susceptibles a sufrir daño en caso de deslizamientos.

El Valor observado de porcentaje de casas en cada tipo de material se multiplico por el valor de ponderación asignado. (Ej. 60% casas de block x (vp) 0 = 0; 30% casas de madera x (vp) 1 = 30; y 10% casas de tanil x (vp) 2 = 20).

Se obtuvo la sumatoria total de las multiplicaciones de las tres condiciones evaluadas (para esta comunidad ejemplo se obtuvo un valor de 50).

El valor teórico del tipo de vivienda considerado el material más crítico es de 200 correspondiente al supuesto que todas las casas en una comunidad fueran construidas de tanil (100% x 2 = 200).

El índice de tipo de vivienda se calculó al dividir la sumatoria total de las tres condiciones (50) entre el valor teórico (200) de la situación más crítica (100% de casas de tanil), se obtuvo un índice de 0.25, lo que significa que para esta comunidad en particular, el indicador tipo de vivienda muestra un nivel de vulnerabilidad bajo, al aportar un valor bajo al análisis global de la vulnerabilidad, para esta comunidad en particular. Esto se debe a que un alto porcentaje de las casas (60%) son de un material menos vulnerable.

3.8.2.2 Ubicación de las vivienda

Este indicador evalúa el grado de exposición de las viviendas de una comunidad respecto a una amenaza identificada en la misma. La distancia de las casas en torno a dicha amenaza se constituye en un elemento que contribuye a identificar un nivel de vulnerabilidad de una comunidad en particular. Comunidades que se ubiquen a grandes distancias de una amenaza percibida pueden ser menos vulnerables que otras comunidades que se ubiquen dentro de zonas bajo amenaza.

El índice que representa a este indicador se obtuvo al asignar directamente un valor a cada una de las variables observadas, considerando una escala lineal y aplicando valores entre 0 y 1 a las diferentes observaciones. En el caso de la variable *inexistencia de amenaza* le corresponde un valor "0" que significa que la identificación de parte de las comunidades de una amenaza, no aporta a la vulnerabilidad. Y en el caso extremo, cuando se consideró que las casas de la comunidad se localizaban a menos de 100 m de distancia, le corresponde el máximo valor "1" lo que significa que la situación en cuanto a la ubicación de las casas muestra una *extrema* vulnerabilidad. Mientras que en las dos situaciones intermedias, les corresponden similares valores intermedios.

Cuadro 7. Escala de valores asignados para los niveles del indicador ubicación de vivienda

| Condición | Valor asignado |
|-------------------------|----------------|
| No existe amenaza | 0 |
| Casas a más de 500 m | 0.33 |
| Casas entre 100 y 500 m | 0.66 |
| Casas a menos de 100 m | 1 |

3.8.2.3 Tipo de edificación comunal

Ante una eventual situación de desastre, inicialmente se concentra a la población de una comunidad en los lugares con menor riesgo para resguardarse ante el peligro que presentan muchas viviendas. Las edificaciones comunales (salón comunal, escuela) pueden transformarse en centros de refugio o albergue *temporal* para una comunidad, mientras se obtiene la ayuda y asesoría de las autoridades correspondientes. De manera que el tipo, y sobre todo el material de la edificación comunal contribuye a formar un nivel de vulnerabilidad para las comunidades en particular.

Este indicador considera la evaluación de dos tipos de material (cemento y madera / tanil) de los cuales pueden estar construidas las edificaciones comunales, además de la inexistencia de las mismas. La asignación de los índices a las tres condiciones se hizo, considerando que el material que puede atribuirse con un mínimo grado de vulnerabilidad es cemento, al cual se asignó un valor de "0", mientras que a las comunidades que tienen una construcción de madera o tanil, se les asignó un valor intermedio de 0.5, y a la situación considerada con extrema vulnerabilidad es cuando no existe una construcción comunal, la que recibió un valor de "1" .

Cuadro 8. Escala de valores asignados para los niveles del indicador tipo de edificación comunal

| Condición | Valor asignado |
|---------------------|----------------|
| Cemento (block) | 0 |
| Madera ó tanil | 0.5 |
| No hay construcción | 1 |

3.8.2.4 Accesibilidad a la edificación comunal

La accesibilidad a la edificación comunal es muy importante porque de nada sirve si la comunidad tiene una buena infraestructura comunal que puede servir de albergue, sin embargo, es necesario cruzar un río que con las lluvias se crece o existe un obstáculo difícil de eludir en una situación de peligro, lo cual los deja aislados y en una situación muy vulnerable.

En este indicador se evaluó el grado de facilidad o dificultad de los pobladores de las comunidades de acceder a una edificación comunal en caso de poseerla, mientras que los casos donde no existe, se consideró la distancia hacia otra comunidad, considerando principalmente la distancia de la mayoría (80%) las casas hacia la construcción comunal y la presencia o ausencia de algún obstáculo que dificultara el transporte hacia la construcción en caso de una situación de riesgo.

Considerando que las construcciones comunales son establecidas comúnmente en el centro de la comunidad y a partir de ahí se ubican las casas, se estableció una distancia de 1 km como referencia aduciendo que es una distancia que permite una facilidad relativa para el desplazamiento inmediato en términos de tiempo. Así mismo se

consideró la presencia de obstáculos (ríos sin puentes) que dificultan el desplazamiento de las personas.

Cuadro 9. Escala de valores asignados para los niveles del indicador accesibilidad a la edificación comunal

| Condición | Valor asignado |
|---------------------|----------------|
| <1km sin obstáculo | 0 |
| >1km sin obstáculo | 0.33 |
| <1 km con obstáculo | 0.66 |
| >1km con obstáculo | 1 |

Estos valores asignados que corresponden a los índices, reflejan que las comunidades que deben desplazarse menos de 1 km para llegar a un "albergue" son menos vulnerables que aquellas que deben recorrer mas distancias y en algunos casos con obstáculos insuperables, que las expone a situaciones con altos niveles de vulnerabilidad.

3.8.2.5 Calidad de vías de comunicación

El acceso hacia las comunidades se constituye en uno de los elementos fundamentales para evaluar vulnerabilidad, comunidades que cuenten con acceso inmediato a través de caminos transitables en toda época presentan un menor nivel de vulnerabilidad que otras comunidades que puedan tener dificultad para llegar a las mismas.

Este indicador es importante no solo porque signifique facilidad o dificultad para llegar a una comunidad, sino más bien, por las implicaciones que esto conlleva con relación a otros aspectos que de manera directa o indirecta vienen a contribuir a una situación vulnerable, por ejemplo, el tener acceso a otros servicios como salud, transporte e intercambio de productos básicos y comerciales, son condiciones que vienen a contribuir en diferenciar los grados de vulnerabilidad entre comunidades, además, la calidad de las vías de comunicación se convierten en un factor coadyuvante al momento de presentarse un evento que cause desastre.

Las vías de comunicación con las que cuentan las comunidades fueron evaluadas en función de las vías acceso que tienen las distintas comunidades. Se asignaron valores directos a cada condición o variable observada. Para el caso de la subcuenca se consideraron tres categorías (asfalto, terracería y peatonal) y se asignaron valores directos de acuerdo al criterio de facilidad para transportarse hacia la comunidad.

Los índices del indicador se asignaron directamente; para las comunidades con acceso vía carretera asfaltada, se consideraron como las menos vulnerables y se asignó un valor de "0", para las comunidades con acceso vía carretera de terracería se les asignó un valor intermedio de 0.5, mientras que las comunidades a las cuales se tiene acceso únicamente por vía peatonal se asignó un valor que consideró también la distancia en términos de tiempo para el acceso, asignando un valor de 0.75 para aquellas comunidades con acceso peatonal a menos de 2 horas, mientras que las lejanas y que requieren un tiempo mayor de 2 horas, se les asignó un valor de 1, que en términos de vulnerabilidad es el más alto.

Cuadro 10. Escala de valores asignados para los niveles del indicador calidad de vías de comunicación

| Calidad de la vía | Valor asignado |
|-------------------|----------------|
| Asfalto | 0 |
| Terracería | 0.50 |
| Peatonal | |
| < 2 h | 0.75 |
| > 2 h | 1 |

3.8.3 Indicadores de vulnerabilidad social de una comunidad

Bajo este grupo de indicadores se incluyen los indicadores de carácter social que prevalecen en las comunidades de la cuenca hidrográfica.

3.8.3.1 Densidad poblacional

La población *per se* constituye el elemento vulnerable más importante, pues en torno a los habitantes de una comunidad giran todas las condiciones que generan un nivel de vulnerabilidad. Este indicador contempla más que el número de pobladores de una comunidad, la densidad poblacional de cada una de ellas, aduciendo que una comunidad con un gran número de pobladores distribuidos en un área de mayor tamaño, presenta menor exposición a una situación de amenaza. Y cuando la población se encuentra en un área menor, puede crear tensiones, sobre todo en la presión que se ejerza sobre el uso de los recursos naturales y la intensidad del uso de la tierra, además de una mayor concentración del factor humano expuesto a zonas bajo amenaza.

La densidad poblacional se calculó con base en el total de población de la comunidad estimada para el año 2001, dividido entre el área aproximada que ocupa cada comunidad. Los datos provienen del Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.

El indicador de población se representa mediante un *índice poblacional*, el cual se calculó al dividir el valor de densidad de cada comunidad entre el valor de la comunidad con mayor densidad en la cuenca, por ejemplo, para un densidad poblacional de 293 hab/km² que corresponde a la comunidad con mayor densidad local, se considera a ésta comunidad como la más vulnerable al asignarle un valor de "1" y a partir de este valor se obtiene un valor a cada una de las comunidades con base en su densidad poblacional. A continuación se presenta un ejemplo del cálculo del índice poblacional para algunas comunidades.

Cuadro 11. Ejemplo de cálculo del índice poblacional

| Comunidad | Hab/km ² | índice poblacional |
|-------------|---------------------|--------------------|
| Comunidad 1 | 38 | 38/293= 0.13 |
| Comunidad 2 | 49 | 49/293 = 0.17 |
| Comunidad 3 | 130 | 130/293= 0.44 |
| Comunidad 4 | 44 | 44/293 = 0.15 |

3.8.3.2 Porcentaje de analfabetismo

El analfabetismo es un factor importante en la vulnerabilidad que presenta una comunidad, los niveles de analfabetismo que pueda presentar una comunidad en particular es muy importante conocerlo, pues, conduce a ciertos comportamientos sociales de la comunidad y las consecuentes repercusiones para los pobladores al limitarles el acceso a información y participación.

Se parte del supuesto que mientras más población analfabeta exista en una comunidad, el nivel de vulnerabilidad será mayor, aduciendo que estos pobladores no están en condiciones de involucrarse en el manejo de acciones para reducir la vulnerabilidad.

Este indicador considera el porcentaje de la población de 15 años y más de edad que no saben leer ni escribir. Se representa mediante un *índice de analfabetismo* obtenido al dividir el porcentaje de analfabetismo de cada comunidad entre el máximo porcentaje de analfabetismo posible (100%). A continuación se presenta un ejemplo de algunas

comunidades con sus distintos niveles de analfabetismo y el correspondiente índice calculado.

Cuadro 12. Ejemplo de cálculo de índice de analfabetismo

| Comunidad | % | Índice de analfabetismo |
|----------------|----|-------------------------|
| La tinta | 64 | 0.64 |
| Matucuy | 83 | 0.83 |
| Santa Maria | 71 | 0.71 |
| Santa catalina | 82 | 0.82 |
| Purulhá | 38 | 0.38 |

3.8.3.3 Grado de escolaridad

El grado de escolaridad es un indicador importante para cuantificar la vulnerabilidad, al suponer que una población con alto un nivel de estudios (estudios universitarios), se encuentra en mayor capacidad para responder a una situación de amenaza, al tener mayores herramientas de análisis y mayor capacidad para comprender y tomar decisiones que permitan contrarrestar una situación de riesgo.

Este indicador considera a la población de más de 7 años y que asiste o asistió a un centro de estudios. El indicador se representa mediante un *índice de escolaridad* que se calculó por la ponderación de los distintos niveles educativos que van desde el nivel de pre-primaria hasta el universitario y cada uno de ellos se asignó un valor de ponderación.

Cuadro 13. Escala de valores de ponderación asignados para los niveles del indicador grado de escolaridad

| Nivel de estudios | Valor ponderado |
|-------------------|-----------------|
| Universitario | 0 |
| Secundaria | 1 |
| Primaria | 2 |
| Pre-primaria | 3 |
| Sin escolaridad | 4 |

Cada uno de los Vp asignados a cada nivel de escolaridad se multiplicó por el porcentaje de la población que alcanzó ese nivel de escolaridad, dividido entre el valor teórico máximo (400) que se obtendría cuando toda la población (100%) de una comunidad en particular esta sin escolaridad. El ejemplo siguiente muestra los cálculos realizados para una comunidad en particular y la obtención del respectivo índice de escolaridad.

Cuadro 14. Ejemplo de cálculo de índice de grado de escolaridad

| Comunidad | | sin escolaridad | preprimario | primario | secundario | universitario |
|-----------|------------------|-----------------|-------------|----------|------------|---------------|
| Purulhá | % de escolaridad | 40 | 1 | 46 | 12 | 1 |
| | Vp | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| | % x vp | 160 | 3 | 92 | 12 | 0 |

El índice se obtiene de la sumatoria (Σ) de la multiplicación de los % de escolaridad por los valores de ponderación (% x Vp), que para el ejemplo es 267. Dividido entre el valor teórico máximo, reporta un índice de escolaridad para esta comunidad de **0.67** (267 /400). Este valor significa que el grado de escolaridad en esta comunidad arroja un valor de vulnerabilidad "alto" reflejado por el gran número de personas que no han alcanzado algún grado de escolaridad (40%).

3.8.3.4 Tipo de servicio de salud

El acceso a los servicios de salud de parte de las comunidades es un indicador muy importante y refleja el nivel de vulnerabilidad de los pobladores. Comunidades con buen acceso al servicio de salud, en términos de frecuencia y eficiencia (cobertura médica), se consideran menos expuestas a los riesgos que conlleva la presencia de determinadas amenazas. Además de indicar la capacidad de las comunidades de contrarrestar situaciones en donde el riesgo de contraer enfermedades puede ser alto.

Para este indicador se asignó un valor directo a las categorías de servicios de salud con que se cuenta en Guatemala, el cual se constituyó en un índice para el tipo de servicio de salud. En el caso de la cuenca bajo estudio todos los servicios son de carácter público y gratuitos. Para clasificar a las comunidades entre cada tipo de servicio de salud se identificó el nivel más alto al cual pueden acceder y en algunos casos al mejor servicio del lugar cercano a la comunidad.

Los valores asignados implican que comunidades con ningún servicio de salud, son las más vulnerables ante cualquier situación de riesgo. Los guardianes de salud son personas de la misma comunidad que han sido semi-entrenadas para atender casos de emergencia inmediata mientras se obtienen los servicios del personal especializado, los puestos de salud son lugares en donde se prestan consultas médicas con cierta periodicidad, mientras que el centro de salud y el hospital son centros donde el servicio es permanente y por ende, las comunidades que tienen acceso a este tipo de servicio se consideran menos vulnerables.

Cuadro 15. Escala de valores asignados para los niveles del indicador tipo de servicio de salud

| tipo de servicio | valor asignado |
|--------------------------------------|----------------|
| Hospital | 0 |
| Centro de salud | 0.25 |
| Puesto de salud o centro comunitario | 0.5 |
| Guardián de salud | 0.75 |
| Ninguno | 1 |

3.8.3.5 Acceso al servicio de salud

Es importante que la comunidad cuente con un servicio de salud ya sea en la localidad o cercano a ella. Para el caso de la cuenca del río Matanzas, la distribución de los centros poblados en toda la cuenca hace que la accesibilidad a los lugares donde se prestan los servicios de salud se dificulte para algunas comunidades, haciendo una diferencia en los niveles de vulnerabilidad entre comunidades.

Los esquemas organizativos actuales de los servicios de salud, tienen organizadas a las comunidades en centros de convergencia y atención, los cuales aglutinan a grupos de comunidades hacia un determinado sitio, lo cual hace que unas comunidades tengan el servicio mas cercano, mientras que otras lo tienen más lejano.

Para este indicador se estimó en términos de tiempo y distancia lo que los pobladores de una comunidad deben desplazarse para llegar a un centro asistencial, tanto en una situación de riesgo, como en situaciones normales. En el caso de la clasificación por tiempo se consideró principalmente para cuando los pobladores deben desplazarse de manera peatonal y el promedio que se utilizó para diferenciar fue de 2 horas, mientras que para el caso de las distancias, se consideró para cuando el acceso es vía vehicular y se estimó una distancia promedio de 5 km como la distancia de diferenciación. Asignando un valor directo a cada uno de los niveles observados.

Cuadro 16. Escala de valores asignados para los niveles del indicador acceso al servicio de salud

| Accesibilidad al servicio | Valor asignado |
|-----------------------------|----------------|
| En el centro poblado | 0 |
| En vehículo a menos de 5 km | 0.25 |
| En vehículo a más de 5 km | 0.50 |
| Peatonal a menos de 2 h | 0.75 |
| Peatonal a más de 2 h | 1 |

Estos valores asignados implican que comunidades que deben desplazarse al menos 2 horas de manera peatonal, son extremadamente vulnerables y se les asignó el máximo valor de "1". Estos niveles de vulnerabilidad disminuyen conforme se mejora el acceso al servicio de salud, hasta llegar a las comunidades que cuentan dentro de su jurisdicción a un centro asistencial, las cuales se consideraron con una mínima o ninguna vulnerabilidad y se les asignó un valor de "0".

3.8.3.6 Cobertura de electricidad

En el grupo de indicadores sobre los servicios básicos para las viviendas, la energía eléctrica es un elemento que contribuye a la vulnerabilidad de una comunidad. Cuando no existe la energía eléctrica en una comunidad, se estima que tienen mayor desventaja por falta de acceso a distintos medios de información (televisión, radio) que permitan mantener a la comunidad informada en caso de alerta, en una situación de riesgo. Además la energía eléctrica le permite a una comunidad tener acceso a otros servicios complementarios que de alguna manera incrementan el nivel socioeconómico de las familias y por consiguiente reducen los niveles de vulnerabilidad de una comunidad.

Este indicador se cuantificó mediante la estimación de la cobertura en términos porcentaje de casas que poseían el servicio de energía eléctrica dentro de la comunidad y se asignó un valor directo a los niveles de evaluación considerados. Esta escala tipifica a las comunidades con un mínimo o nulo nivel de vulnerabilidad cuando existe una cobertura total del servicio, para las comunidades donde más del 50% de viviendas poseen el servicio se consideran con un nivel de vulnerabilidad bajo, mientras que la situación que se considera con el mayor nivel de vulnerabilidad, es cuando ninguna casa tiene acceso al servicio de energía eléctrica.

Cuadro 17. Escala de valores asignados para los niveles del indicador cobertura de electricidad

| Cobertura | Valor asignado |
|------------------------|----------------|
| Cobertura total | 0 |
| Cobertura mas del 50 % | 0.33 |
| Cobertura menor al 50% | 0.66 |
| Ninguna cobertura | 1 |

3.8.3.7 Cobertura de agua potable.

Un gran número de comunidades de la cuenca se ubican en la parte media y baja de la sierra de las minas, una zona con alto potencial de producción de agua, sin embargo, el acceso a este servicio de parte de algunas comunidades con fines de consumo humano es limitado, pues el desarrollo de sus actividades agrícola-productivas, eleva los niveles de contaminación de los ríos.

El agua potable es uno de los indicadores más importantes que contribuyen al grado de vulnerabilidad de una comunidad, puesto que determina en gran manera la "seguridad" en términos de salud humana, que una comunidad pueda poseer. De esta manera, las comunidades que tengan un acceso a agua potable, se presume que tendrán un menor nivel de vulnerabilidad, al estar menos expuestas a distintas enfermedades que puedan afectar a la población. En caso contrario, comunidades que obtienen agua para consumo proveniente de ríos superficiales, están expuestas en gran medida a adquirir enfermedades de tipo gastrointestinal, por lo que se consideran más vulnerables, tanto en los aspectos de salud, como en una situación de riesgo ocasionada por un evento o fenómeno natural.

A pesar que la disponibilidad de agua potable en la mayoría de comunidades rurales es casi nula, algunas comunidades o vecinos han desarrollado programas que les ha permitido tener acceso al agua en tubos de pvc (agua entubada, pero sin tratamiento alguno), razón por la cual la evaluación de este servicio consideró separar los aspectos de agua potable en sí y agua entubada.

El indicador mide la cobertura en cuanto a número de casas que tienen acceso al servicio, de acuerdo a la clasificación de las variables identificadas para la cuenca. Aduciendo que comunidades con ninguna red de distribución de agua, son las más vulnerables que aquellas que cuentan con algún tipo de distribución de agua hacia sus viviendas.

Cuadro 18. Escala de valores asignados para los niveles del indicador cobertura de agua potable

| Cobertura del servicio | Valor asignado |
|--|----------------|
| Agua potable en mas del 50 % de viviendas | 0.00 |
| Agua potable en menos del 50 % de viviendas | 0.25 |
| Agua entubada en mas del 50 % de viviendas | 0.50 |
| Agua entubada en menos del 50 % de viviendas | 0.75 |
| No poseen agua | 1.00 |

3.8.3.8 Sistema de deposición de excretas (drenaje)

Este indicador considerado también entre los servicios básicos es uno de los más importantes puesto que está directamente relacionado con las condiciones de salud que prevalecen en una comunidad y sus consecuentes efectos.

Las comunidades que no poseen un adecuado sistema de exposición de excretas proyectan un alto nivel de vulnerabilidad, al acrecentarse el riesgo de proliferación de enfermedades, sobre todo en las comunidades con acceso limitado al agua potable.

Este indicador evalúa el sistema que utilizan las comunidades para drenar las aguas negras. Las variables evaluadas dentro del indicador se clasifican en que si una comunidad está conectada a una red de drenaje subterráneo, ésta presenta el nivel más bajo de vulnerabilidad, mientras que condiciones como el uso de letrinas (pozos, excusado) puede reducir en alguna manera el nivel de vulnerabilidad, y en este caso se cuantificó la cobertura de este tipo de servicio, y finalmente las comunidades que no tienen ningún tipo de servicio sanitario (al aire libre) se consideraron las de mayor nivel de vulnerabilidad asignándoles un valor de "1".

Cuadro 19. Escala de valores asignados para los niveles del indicador sistema de deposición de excretas (drenaje)

| Sistema de deposición | Valor asignado |
|-------------------------------------|----------------|
| Conectado a red de drenaje | 0 |
| Letrinas en más del 50 % de casas | 0.33 |
| Letrinas en menos del 50 % de casas | 0.66 |
| Deposición al aire libre | 1 |

3.8.4 Indicadores del grado de amenaza en la cuenca

Bajo esta dimensión se incluyen indicadores considerados de carácter natural, no precisamente por la falta de intervención humana en los mismos, sino por considerar que éstos indicadores se constituyen en situaciones "naturales" potenciales para favorecer una situación de riesgo, sobre todo en lo relacionado a los aspectos de carácter geofísico como derrumbes o deslizamientos.

3.8.4.1 Frecuencia de aparición de fenómenos

El grado de amenaza de una comunidad, región o cuenca, puede ser medido con base en varios factores y entre los más representativos está el historial que en términos de eventos y/o fenómenos se han presentado.

Este indicador recaba información histórica narrada por miembros de la comunidad, considerando el grado de exposición que las comunidades tienen hacia determinado evento y la frecuencia de aparición de los mismos. La amenaza se considera en un nivel más alto cuando más frecuente o recurrente es un evento, y consecuentemente mayor será el riesgo que evidencia una comunidad al combinarse con una situación vulnerable. En este indicador más que un inventario de eventos, presenta una clasificación en cuanto a la periodicidad de aparición de los eventos, en torno a las comunidades.

La clasificación utilizada para incluir a los distintos eventos dentro de una categoría determinada de frecuencia de aparición es la siguiente:

- a) Con eventos recurrentes: se incluyeron comunidades que han presentado eventos en los últimos años y que de alguna manera han tenido alguna frecuencia en su aparición (cada / 1 ó 2 años).
- b) Eventos eventuales: se incluyeron comunidades que han tenido la presencia de algún evento de manera aislada en cuanto a periodicidad (uno en 25 años).
- c) Eventos impredecibles: se incluyeron a comunidades que han sido afectadas por eventos que están asociados a fenómenos naturales que se presentan muy aisladamente, como el caso de la tormenta tropical Mitch que afectó a la cuenca.

Para cuantificar el grado de amenaza de este indicador se calculó un índice de aparición de fenómenos. A cada frecuencia de aparición se asignó un valor de ponderación con base en la severidad que representa la frecuencia.

Cuando nunca se ha presentado evento alguno se asignó un valor de "0", lo que significa que esa comunidad en particular presenta un nivel mínimo de amenaza en cuanto a daños por fenómenos. Cuando se han presentado fenómenos impredecibles se asignó un valor "1", lo que significa un nivel bajo en cuanto al grado de amenaza, aún cuando estos eventos puedan causar un daño de mayor consideración respecto a otro tipo de fenómeno.

Para fenómenos eventuales se asignó un valor de "2" y finalmente, para la situación con mayor grado de amenaza se asignó un valor de ponderación de "3", lo que significa que una comunidad con ese tipo de eventos tiene más probabilidades de verse afectada por la recurrente aparición de fenómenos.

El índice se calculó mediante la sumatoria de los valores ponderados (1,2,3) de las distintas frecuencias de aparición en cada comunidad, dividido entre el valor ponderado total (6) en caso que en la comunidad se han presentado los tres tipos de fenómenos.

Cuadro 20. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador frecuencia de aparición de fenómenos

| Frecuencia de aparición | Valor ponderado |
|-------------------------|-----------------|
| Nunca | 0 |
| Impredecibles | 1 |
| Eventuales | 2 |
| Recurrentes | 3 |

Bajo esta escala, una comunidad que ha sufrido únicamente de un fenómeno impredecible (Mitch por ejemplo) el vp de 1 se dividió entre la suma total de los vp (6), resultando un índice de 0.16. En otro caso, una comunidad que ha sufrido de fenómenos impredecibles (1) y recurrentes (3) se representa con un índice de 0.66 (4/6).

Estos índices significan que una comunidad con amenaza a fenómenos impredecibles tendrá un menor nivel de amenaza que una comunidad que haya sufrido de dos tipos de fenómenos. Y una comunidad se considera con un alto grado de amenaza a la aparición de fenómenos cuando ha sido afectada por los tres tipo, al presentar un índice de 1 (6/6).

3.8.4.2 Tipo de daño causado por fenómenos

La presencia de fenómenos que causan desastre en una comunidad es un indicador que contribuye a evidenciar una situación vulnerable, pero más importante aún, es la dimensión y efecto que el fenómeno mismo tenga sobre dicha comunidad. Los daños o efectos colaterales que estos eventos han tenido sobre las comunidades se constituye en un indicador potencial del grado de amenaza al cual está expuesta.

El indicador clasifica el tipo de daño causado por la presencia de algún fenómeno en una comunidad y al igual que en el indicador anterior, más que un inventario de daños causados es una representación de los elementos que sufrieron los efectos de la amenaza. Los tipos de daños se separaron en a) pérdidas de tierras, b) cultivos, c) viviendas, d) puentes, e) caminos y f) vidas humanas.

Al momento de identificar cada uno de los daños, estos se agruparon para identificar las comunidades que habían sufrido más de un daño y las comunidades que sufrieron la pérdida de vidas humanas. Se calculó un índice que representara el grado de amenaza sufrido por las distintas comunidades.

Para obtener el índice se asignaron valores de ponderación a las variables evaluadas (ningún daño, daño a un componente, daño a 2 o más componentes, y pérdida de vidas humanas) asignando el valor "0" a la situación que se considera con ninguna exposición hacia la amenaza, mientras que las comunidades que habrían sufrido la pérdida de vidas humanas se le asignó un valor de ponderación de "3", asumiendo que son la que han tenido mayor exposición hacia las amenazas.

Cuadro 21. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador Tipo de daño causado por los fenómenos

| Tipo de daño | Valor ponderado |
|-----------------------|-----------------|
| Ninguno | 0 |
| Un componente | 1 |
| Dos o más componentes | 2 |
| Vidas humanas | 3 |

Este valor de ponderación se tabuló, a fin de obtener un índice de daño causado a una comunidad, mediante la suma de los valores ponderados de los tipos de daños dividido entre el valor total (5) que implicaría que una comunidad haya sido afectada en dos o mas componentes además de vidas humanas.

Esto significa que por ejemplo una comunidad que soporto daños de un puente y viviendas (2 componentes) tendrá un índice de 0.40 (2/5). Mientras que otra que sufrió lo mismo pero además de pérdida de una vida humana tendrá un índice de 1 (5/5).

3.8.4.3 Amenaza a sismos

Por condición natural de Guatemala y ubicación específica de la cuenca del río Matanzas, el riesgo a sismos es latente, dentro la cuenca hidrográfica existe gran cantidad de áreas bajo amenaza a sismos, debido a que se ubica dentro de una de las zonas con fallas más importantes.

El análisis de este indicador se basa en datos del INSIVUMEH publicados por el MAGA, sobre áreas bajo amenaza a sismos para todo el País, obtenida con datos históricos de los

últimos 100 años. Los valores asignados de manera directa, se constituyen en los índices, de acuerdo con la ubicación de las zonas bajo amenazas y la ubicación de cada comunidad.

Cuadro 22. Escala de valores asignados para los niveles del indicador amenaza a sismos

| Riesgo a Sismos | Valor asignado |
|-----------------|----------------|
| Ninguno | 0 |
| Bajo | 0.5 |
| Medio | 1 |

3.8.4.4 Amenaza a deslizamientos

Las condiciones naturales (climáticas y geofísicas) de la cuenca hacen que la amenaza a deslizamientos sea latente y predecible para gran parte de la cuenca. Sin embargo, algunas comunidades están mucho más cercanas o se ubican dentro de áreas bajo amenaza, lo que agudiza la presencia de vulnerabilidad y por consiguiente se evidencia el riesgo, tanto de elementos de carácter físico (infraestructura de vivienda, área de cultivos) como de vidas humanas.

Las áreas bajo amenaza de la cuenca fueron identificadas por la consultora Madre Tierra utilizando variables precipitación, sismicidad, el relieve, material litológico y humedad del suelo. En este indicador se consideran las siguientes variables;

- a) La distancia hacia las comunidades: se toma como referencia el tamaño de la amenaza cercana a cada comunidad.
- b) La ubicación respecto a la amenaza: se analiza la ubicación de las comunidades en torno a la ubicación en cuanto a la inclinación de la pendiente.
- c) El grado de pendiente que existe entre la amenaza y la ubicación de la comunidad: se toma como referencia a 30 grados de pendiente.

Se calculó un índice que integró los tres componentes, a los cuales se les asignó un Vp individual y luego considerando que la situación de mayor peligro fuese; cuando la amenaza está en la comunidad (2 y 3) y con una pendiente mayor a los 30 grados (1), su vp acumulado será de 6, proyectando un índice de 1 (6/6) y de aquí que todas las posibles situaciones encontradas se dividen entre 6.

Cuadro 23. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador amenaza a deslizamientos considerando la distancia a la amenaza

| Distancia a área de amenaza | Valor ponderado |
|---|------------------------|
| Alejada (una distancia mayor al tamaño de la amenaza) | 0 |
| Cercana (a una distancia menor al tamaño de la amenaza) | 1 |
| En la comunidad | 2 |

Cuadro 24. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador amenaza a deslizamientos considerando la ubicación respecto a la amenaza

| Ubicación de comunidad respecto a la amenaza | Valor ponderado |
|---|------------------------|
| A los costados de la amenaza (perpendicular a la pendiente) | 0 |
| En la parte de arriba de la amenaza | 1 |
| En la parte baja de la amenaza | 2 |
| En la amenaza misma | 3 |

Cuadro 25. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador amenaza a deslizamientos considerando el grado de pendiente

| Grado de pendiente | Valor ponderado |
|------------------------------|------------------------|
| Pendiente menor de 30 grados | 0 |
| Pendiente mayor de 30 grados | 1 |

3.8.4.5 Cobertura vegetal de la tierra

La cobertura de la tierra analizada desde el punto de vista de las amenazas, es un elemento que favorece o perjudica la presencia de amenazas. La cobertura de la tierra es importante considerarla entre los indicadores de amenaza, en el sentido que una cobertura adecuada (bosque, arbustos) puede supeditar la amenaza, aminorando los efectos sobre las comunidades cercanas. Mientras que coberturas como cultivos agrícolas en áreas donde existe evidente amenaza a deslizamientos, pueden contribuir a acelerar la manifestación de las mismas.

La cobertura de la tierra utilizada para el análisis se generó a partir de fotografías aéreas de los años, 1997 y 2000 a escala 1:20000 y 1:40000, realizado por la consultora Georecursos.

El análisis de la cobertura de la tierra en relación a las comunidades se hizo considerando las áreas que ocupan las comunidades reportadas por el INE a escala 1:10000, de tal manera, que el indicador de tipo de cobertura, se representa con un índice de cobertura para cada comunidad.

Es importante hacer mención que la influencia de las comunidades se proyecta hacia otras áreas fuera de las comunidades, sin embargo, éstas áreas de influencia no se incluyeron entre el análisis para cada comunidad, por carecer de información de las áreas georeferenciadas que corresponden a cada comunidad.

Este indicador se calculó agrupando cuatro tipos de cobertura (bosques, arbustos y cultivos perennes, pastos y cultivos anuales) a los cuales se asignó un valor de ponderación. Mediante uso de SIG se estimó el área que corresponde a cada una de las coberturas dentro de la comunidad y se estableció un índice.

Cuadro 26. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador tipo de cobertura vegetal

| Cobertura. | Valor ponderado |
|-----------------------------------|-----------------|
| Bosque (coníferas y latifoliadas) | 0 |
| Arbustos y Cultivos perennes | 1 |
| Pasto | 2 |
| Cultivos anuales (labranza) | 3 |

Estos valores de ponderación se asignaron bajo el supuesto que una cobertura de bosque es la que contribuye en menor grado para la manifestación de una amenaza, mientras que coberturas como arbustos y pastos contribuyen en mayor grado a la manifestación de la amenaza, dejando a las tierras bajo cultivos como la situación más vulnerable y coadyuvante a la manifestación de amenazas. Considerando que en la mayor parte de la cuenca no existe un tipo de agricultura con prácticas de conservación.

Bajo esta escala, se evaluó la cobertura de cada comunidad, en caso de presentarse dos o más tipos de cobertura en una comunidad, se estimó el porcentaje que cubrían estas comunidades y cada porcentaje se multiplicó por el valor de ponderación correspondiente al tipo de cobertura, dividido entre el valor máximo teórico que se obtendría en la situación donde toda el área estuviera cubierta con cultivos anuales (300). Así una comunidad que esté cubierta en un 40% de cultivos anuales (40×3) se representaría con un valor de 120, y un 60% de bosques (60×0) se representaría con un valor de 0, al sumar ambos datos se obtendría que el índice de cobertura es de 0.4 ($120/300$).

3.8.4.6 Intensidad de uso de la tierra

La intensidad del uso de la tierra como indicador de amenaza se consideró basado en que un uso adecuado de la tierra contribuye a disminuir el grado de amenaza existente dentro de una zona, mientras que un uso intensivo de la tierra bajo condiciones desfavorables y actividades que permitan mantener las condiciones del suelo, contribuye a incrementar el riesgo a que se manifieste una amenaza.

Este indicador considera las tres situaciones que pueden presentarse en el uso del recurso tierra. El análisis realizado bajo este esquema considera a la situación más favorable para detener la ocurrencia de una amenaza, cuando la tierra está siendo *subutilizada*, sin embargo, es importante tomar en cuenta que esta condición no contribuye a disminuir la vulnerabilidad, sobre todo en aspectos socioeconómicos por la subutilización del recurso

Para el *uso correcto*, se considera que contribuye a mantener los ecosistemas, sin tener una influencia negativa en el riesgo, sin embargo, cualquier alteración negativa en estos, favorece la ocurrencia de las amenazas. Finalmente, el sobreuso de la tierra, viene a constituirse en la situación que para este caso, permite acelerar las amenazas a deslizamientos, principalmente en áreas que debieran ser dedicadas a la protección y que están siendo utilizadas para cultivos anuales, situación que agudiza de manera directa la ocurrencia de amenazas identificadas. Los valores de ponderación y cálculo del índice se efectuaron de la siguiente manera.

Cuadro 27. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador intensidad de uso de la tierra

| Condición | Valor ponderado |
|--------------|-----------------|
| Subuso | 0 |
| Uso correcto | 1 |
| Sobreuso | 2 |

El cálculo del índice de intensidad de uso de la tierra se valoró para cada comunidad, y en caso de presentarse 2 tipos de uso de la tierra para una comunidad, se estimó el porcentaje que cubrían estas comunidades y cada porcentaje se multiplico por el valor de ponderación correspondiente a la intensidad de uso, divido entre el valor máximo teórico que se obtendría en la situación donde toda el área estuviera siendo "sobre utilizada" (200). Así una comunidad que esté usando correctamente un 40% de la tierra (40×1) se representaría con un valor de 40, y un 60% este siendo sobre utilizada (60×2) se

representaría con un valor de 120, al sumar ambos datos se obtendría que el índice de intensidad de uso es de 0.8 (160/200).

3.8.5 Indicadores de tendencia del riesgo

Bajo esta dimensión se consideran los indicadores que contribuyen a modificar las condiciones naturales o amenazas y la vulnerabilidad de las comunidades. En estos indicadores se proyecta la influencia directa del hombre, producto de las actividades que se desarrollan en la cuenca, complementada con la respuesta de los pobladores hacia una situación de riesgo.

La valoración de estos indicadores parte del concepto que mientras el valor de un indicador se acerque a cero, este indicador se constituye en coadyuvante para incrementar el nivel de riesgo, mientras que si se acerca a un valor de 1 el riesgo se mantiene. La situación más favorable sería cuando el valor de un indicador sobrepasa el valor de 1 lo que indicaría que el riesgo está disminuyendo. Sin embargo, para las condiciones encontradas en la subcuenca, esta situación no se da, debido a la falta de programas, proyectos y actividades que trabajen bajo estos objetivos.

3.8.5.1 Influencia de la cobertura de la tierra

La cobertura de la tierra analizada como un elemento modificador del riesgo, "bajo el supuesto" que una condición específica como el caso del bosque, contribuye a mantener o disminuir el riesgo de una comunidad determinada y por otro lado, una cobertura en la que involucra actividades de labranza de la tierra y cuando no se adoptan las medidas de protección adecuadas, se incrementa el riesgo a medida que se agudiza la presencia y manifestación de las amenazas. Bajo este concepto, el cálculo del índice de influencia de la cobertura hacia la variación del riesgo, se estimó de manera similar al obtenido para el grado de amenazas, con la salvedad que la escala de los valores ponderados fue invertida quedando de la siguiente manera.

Cuadro 28. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador influencia de la cobertura de la tierra en la tendencia del riesgo

| Cobertura | Valor ponderado |
|-----------------------------------|------------------------|
| Bosque (coníferas y latifoliadas) | 3 |
| Arbustos y Cultivos perennes | 2 |
| Pasto | 1 |
| Cultivos anuales (labranza) | 0 |

Esta escala indica que mientras mejor sea la cobertura (bosque), el valor del índice será cercano a 1, y por el contrario, mientras la cobertura involucre actividades de movimiento o pérdida de suelo (agricultura) el valor del índice será cercano a 0.

3.8.5.2 Influencia de la intensidad de uso de la tierra

La actividad humana en gran manera tiende a modificar los ecosistemas naturales, y cuando no se consideran las consecuencias *-generalmente negativas-* que estas modificaciones puedan ocasionar a la población, se agravan los problemas de las amenazas y ponen en evidencia la situación vulnerable en la que vive una comunidad.

El uso de la tierra se considera como uno de los elementos fundamentales que puede modificar (incluso más que la vulnerabilidad de la población), la manifestación de las amenazas identificadas, y contribuye directamente en acelerar o detener la ocurrencia de las mismas.

En este indicador se considera a la situación más favorable para disminuir o mantener el nivel de riesgo hacia una amenaza, cuando la tierra esta siendo subutilizada y por el contrario la condición de sobreuso, tiende a aumentar el nivel de riesgo que presente una comunidad. La metodología de cálculo fue similar a la explicada en la intensidad de uso de la tierra como indicador para el grado de amenazas, con la variante en los valores de ponderación, los cuales fueron los siguientes.

Cuadro 29. Escala de valores ponderados asignados para los niveles del indicador influencia de la intensidad de uso de la tierra en la tendencia del riesgo

| Condición | Valor de ponderado |
|--------------|--------------------|
| Subuso | 2 |
| Uso correcto | 1 |
| Sobreuso | 0 |

El cálculo del índice de intensidad de uso de la tierra se calculó para cada comunidad, de manera similar que el obtenido para el aporte de la intensidad de uso a las amenazas. Y en la interpretación de los índices, los cercanos a "0" son los que evidencian mayores problemas hacia el incremento de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza. Esto es debido a que esta variable al igual que la cobertura vegetal, tienen un efecto inverso al constituirse en factores que conformen el denominador en la formula general del riesgo.

3.8.5.3 Organización comunitaria

La organización comunitaria es uno de los elementos fundamentales considerados en la gestión del riesgo, al constituirse en un mecanismo amortiguador de impactos originados por eventos que causen desastre. La organización es muy importante porque permite la participación y proporciona herramientas a los pobladores para enfrentar al riesgo, hasta llegar a niveles como los sistemas de alerta temprana, que se implementan en comunidades expuestas a amenaza permanente.

Este indicador considera los distintos niveles de organización comunitaria en las comunidades de la cuenca hidrográfica. Los distintos niveles de organización, varían y están relacionados muchas veces a los niveles educativos de la población.

A los distintos niveles de organización considerados en la evaluación se les asignó un valor ponderado, considerando la situación más adecuada, cuando existen en la comunidad un comité formado especialmente para la prevención de desastres (no se considera el nivel de capacitación de los miembros, sino únicamente el nivel organizativo que es importante como paso inicial), y a la situación menos favorable para las comunidades que no cuentan con organización alguna.

La influencia de este indicador en la variación del riesgo, representa que valores cercanos a 1 están manteniendo una situación estable, mientras que valores cercanos a cero, incrementan el nivel de riesgo de las comunidades. Los valores asignados a cada una de las situaciones para estimar el índice fueron los siguientes:

Cuadro 30. Escala de valores asignados para los niveles del indicador nivel de organización comunal

| Nivel de organización | Valor asignado |
|-----------------------|----------------|
| Comité de desastres | 1.0 |
| Comité de comunidad | 0.66 |
| Alcalde auxiliar | 0.33 |
| Ninguna organización | 0 |

El valor asignado a cada nivel de organización permitió considerar a cada comunidad dentro del máximo nivel de organización que posee. Para la escala utilizada la mejor organización se presume es un comité especializado en manejo de desastres. El nivel de organización que contribuye a incrementar el nivel de riesgo, en el sentido que no hay ninguna preparación hacia los desastres es cuando existe solamente un alcalde auxiliar,

obviamente dejando como caso extremo las comunidades que no poseen ningún tipo de organización.

3.8.6 Otros indicadores observados

3.8.6.1 Acceso a medios de comunicación

En este indicador evaluó el acceso de los pobladores hacia medios de comunicación, los cuales se convierten en elementos claves ante una situación de desastre. Los resultados obtenidos en el campo, indicaron una comunicación en todas las comunidades, razón por la cual, no se estimó necesario calcular un índice que representará el indicador dentro del valor total de riesgo.

Los niveles que incluyeron la evaluación fueron tanto de emisión como recepción y en todas las comunidades se tiene el acceso a transmisiones de radio a transistores que es el medio de divulgación masivo más efectivo, mientras que en todas excepto las cabeceras municipales (Purulhá, La Tinta), se carece de medio de comunicación telefónica, lo que dificulta la comunicación desde la cuenca hacia zonas fuera de la misma y con acceso a este servicio.

3.8.6.2 Cobertura institucional

En este indicador se evaluó la presencia de las instituciones en las comunidades de la subcuenca, el tipo de labor que desempeñan y el tipo de institución, si es gubernamental, no gubernamental, privada o de otro tipo. Y las actividades que realizan (crédito, asesoría, capacitación, organización, regulatoria, otros,).

El objetivo del indicador es conocer el grado de cobertura y asistencia institucional que tienen las comunidades, que pudieran estar contribuyendo a reducir los niveles de vulnerabilidad.

3.8.6.3 Fuente de ingresos económicos

Con el fin de conocer las actividades a las cuales se dedican los pobladores, se evaluó este indicador a fin de identificar las principales fuentes de ingresos. Los niveles evaluados fueron; producción agrícola, trabajo laboral (jornaleros remunerados), comercio de productos (transacción), transporte de productos (transportistas).

3.9 Análisis de los indicadores

Los índices obtenidos de cada uno de los indicadores permitieron analizarlos mediante las siguientes herramientas, las cuales aportaron los elementos necesarios para identificar las comunidades dentro la subcuenca con mayores problemas y los indicadores que se constituyen en determinantes en los niveles de riesgo representados.

3.9.1 Sistemas de información geográfica

Los SIG, se utilizaron para generar algunos índices como los de cobertura e intensidad de uso de la tierra y grado de amenaza. Los programas utilizados fueron IDRISI 32 y Arcview 3.2. Las aplicaciones e insumos utilizados para el desarrollo del análisis de la información fueron:

3.9.1.1 Cuantificación de indicadores:

Mediante el uso de información georeferenciada de cobertura vegetal (anexo 4), la intensidad del uso de la tierra (anexo 5) y las comunidades de la subcuenca, se desarrollaron cálculos para obtener los porcentajes de áreas de cada comunidad en cada uno de los tipos de cobertura (bosque, matorral, pastos, cultivos anuales, cultivos perennes,) y los tipos de intensidad de uso de la tierra (subuso, sobreuso y uso correcto) y con base en la metodología de cálculo para cada indicador se obtuvo un índice.

Así mismo, se usaron mapas de pendientes, mapa de dirección de la pendiente (dirección del flujo superficial), mapa de zonas de deslizamientos y mapa de las comunidades, para determinar el índice de grado de amenaza, midiendo; la dirección de la pendiente en relación al potencial deslizamiento, la ubicación de las comunidades, tanto en distancia, como en dirección de la pendiente al deslizamiento y con base en ello se obtuvo el índice respectivo.

3.9.1.2 Interfase con programa ALES

Se utilizaron las áreas de las comunidades como UC (unidades cartográficas en ALES) y con un campo en común (mismo nombre en ALES y Arcview) con las UC generadas por ALES.

Toda la información generada mediante ALES (TUT tipos de uso de la tierra en ALES= evaluaciones de vulnerabilidad, amenazas y riesgo) para cada UC fue transferida a la base de datos de Arcview.

Se utilizó el Arcview para visualizar los resultados del ALES, diferenciando los distintos tipos de aptitud para cada uno de las evaluaciones realizadas (TUT), y se presentan mapas con los respectivos resultados de aptitud para cada evaluación realizada.

3.9.2 El Programa ALES (Automated Land Evaluation System)

Este programa ALES (versión 4.65) fue la principal herramienta para análisis de los índices obtenidos en los indicadores. Este programa fue diseñado para realizar estudios de aptitud de suelos, sin embargo, la flexibilidad del programa en cuanto a programación, permite modificar los aspectos hacia los intereses propuestos. La base del programa radica en los siguientes aspectos:

- a) El modelo es construido de manera que permita satisfacer las necesidades locales y los objetivos de la evaluación.
- b) El sistema es construido con base en sistemas expertos, y cada una de las entidades evaluadas son definidas por los usuarios, para nuestro caso las entidades están constituidas por las comunidades de la subcuenca.
- c) El ALES consta de una estructura para una base de conocimientos que describe los usos propuestos en términos de los resultados esperados.
- d) El ALES se alimenta de una base de datos que describe las características de las áreas que están siendo evaluadas (para este caso, corresponde a todos los índices de todos los indicadores de cada una de las comunidades de la subcuenca).
- e) Consta de un mecanismo de inferencia para relacionar la base de datos con la base de conocimientos y con la cual se calcula los niveles de vulnerabilidad para cada comunidad.
- f) Permite una facilidad de explicación, que ayuda a comprender el porque de un resultado determinado, al indicar los actores que están contribuyendo a proyectar un resultado determinado.
- g) Tiene un modelo de consulta que permite buscar información en forma sistemática además de generar informes de manera impresa y georeferenciada.

3.9.2.1 Estructura del ALES y su adaptación al estudio

Las opciones principales utilizadas para la construcción del modelo fueron las siguientes.

a) **Listas de Referencias:** aquí se ingresó la siguiente información.

a. Listas de requisitos de usos de la Tierra (RUT) (opción 1)

i. Se ingresaron los cuatro grupos de indicadores sobre los cuales se trabajo, y a cada uno de ellos se le ingreso el número de niveles (*) de calificación:

| | |
|------|--|
| Amez | Grado de amenaza (3)* |
| ModR | Factores modificadores del riesgo (2)* |
| VuFi | Vulnerabilidad Física (3)* |
| Vuso | Vulnerabilidad Social (3)* |

b. Lista y descripción de las característica de la tierra (opción 4)

i. Se ingresaron los códigos y nombres de cada uno de los indicadores en dos categorías, como variables discretas (valores cualitativos de acuerdo a la calificación y sus respectivos límites) y como variables continuas (sin valores cualitativos). Ejemplo: para el indicador densidad poblacional se ingresaron los siguientes códigos (CAT):

-**VsocDP1** = Densidad poblacional (discreta); se ingresaron las tres clases de calificación (no vul, med vul, vulne) y los respectivos límites para cada clase (0.33, 0.66 y 1.0).

-**VsocDP/C** =Densidad poblacional (continua); sin clases, puesto que esta variable se encargaría de obtener los datos de los indicadores. Así se ingresaron los 22 indicadores con los criterios de clases y límites para cada uno (anexo 6).

ii. Se inicio agrupando a los indicadores que correspondieran a un solo criterio de evaluación y se formó un árbol de decisión para los grupos de 2 ó 3 indicadores (con los CAT discretos), que proyectara un valor de calificación de acuerdo a las distintas condiciones. Ejemplo: los indicadores **VsocAn2** (Tasa de analfabetismo) y **VsocEs3** (Tasa de escolaridad) se agruparon para formar uno solo **Vsoc23** (Características de educación) con la opción de "árbol de decisión para definir esta CAT a partir de otras CAT"

b) Tipos de utilización de la Tierra TUT:

Aquí se incluyeron a las evaluaciones sobre las cuales se solicitaba al ALES nos diera los resultados correspondientes, integrando la base de datos y la base de conocimientos de cada uno de los indicadores. Las principales evaluaciones realizadas fueron:

- Vulnerabilidad física en las comunidades
- Vulnerabilidad social en las comunidades
- Vulnerabilidad total en las comunidades
- Grado de amenaza en las comunidades
- Tendencia del riesgo
- Grado de riesgo en las comunidades

Y a cada uno de estos TUT se detallaron las especificaciones que incluyó los "Requisitos de uso de la tierra" y las opciones de aptitud (física), a través de la construcción de árboles de decisión.

c) Datos:

Se ingresaron los datos de la siguiente manera.

Primero se ingresaron los nombres y propiedades de cada una de las Unidades Cartográficas (UC) a ser evaluadas (nombres de comunidades) (anexo 11). Segundo se ingresaron los datos de cada uno de los indicadores (de acuerdo a lista de referencia variables continuas) para cada una de las UC (anexos 7-10).

d) Evaluaciones

Se calcularon evaluaciones para cada TUT (vulnerabilidad, amenaza, riesgo) para todas las UC (comunidades bajo análisis). Obteniendo los resultados de aptitud (física) para cada una de las UC, en cada TUT evaluado. Esto se efectuó a través del uso de árboles de decisión para cada tipo de uso evaluado (un ejemplo se presenta en el anexo 12).

e) Informes

Los informes de los resultados son exportados a archivos de formatos de texto o bien leídos y analizados en forma de video en la pantalla.

Los informes de los resultados de las evaluaciones fueron enlazados con el programa de SIG (Arcview) para generar los mapas de vulnerabilidad y riesgo en toda la subcuenca del río Matanzas.

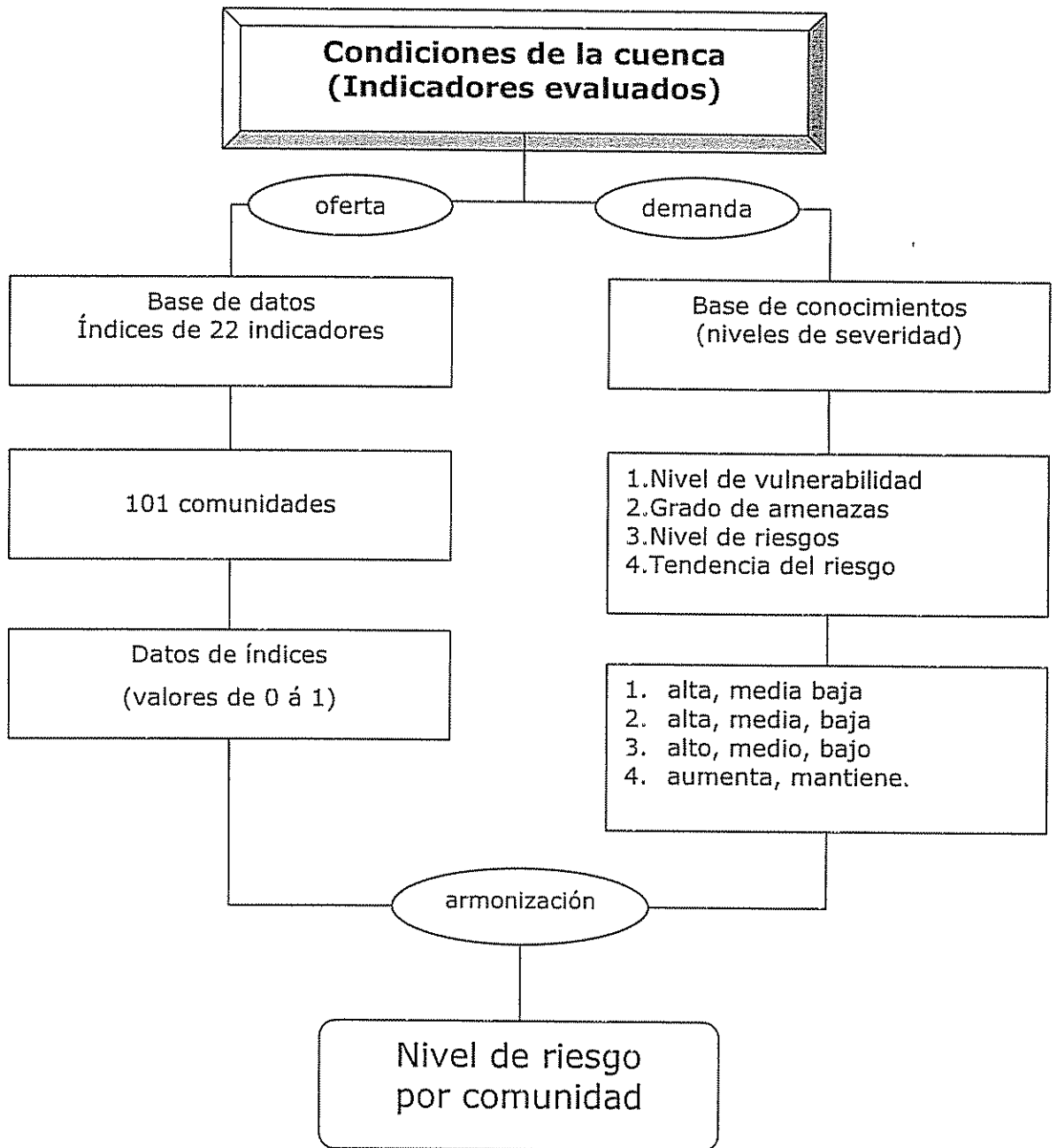


Figura 5. Esquema de armonización de ALES en la evaluación de vulnerabilidad y riesgo.

3.9.3 El uso de biogramas

Los biogramas son un instrumento de trabajo que está siendo impulsado para operacionalizar el desarrollo sostenible de la agricultura y del espacio rural. El biograma y el índice de desarrollo sostenible (S^3), son instrumentos complementarios que permiten representar el grado de desempeño de la unidad bajo análisis (cuenca), para un período determinado, ambos representan una situación, uno de manera gráfica (biograma), el otro de forma numérica (S^3), simbolizando ambos el estado de sostenibilidad del sistema analizado (Sepúlveda, *et al.* 2001).

Utiliza para ello indicadores representativos de las diferentes dimensiones bajo evaluación (vulnerabilidad, amenazas, tendencia del riesgo). El biograma es un indicador multidimensional de representación gráfica cuyo significado se basa en el concepto de imagen del estado de un sistema. Dicha imagen representa el grado de desarrollo sostenible (o nivel de riesgo) de la unidad de análisis en cuestión, sus aparentes desequilibrios entre las diferentes dimensiones y, por ende, los posibles niveles de conflicto existentes (Sepúlveda, *et al.* 2001).

Los biogramas obtenidos en este estudio representan a grupos de comunidades categorizadas en los diferentes niveles de riesgo (alto, medio y bajo), basados en los indicadores evaluados. Esto refleja el riesgo según la característica de multidimensionalidad, incluyendo las dimensiones vulnerabilidad, amenazas y tendencia del riesgo.

Cada eje del biograma representa un indicador. En este caso se tienen 22 ejes, y con ello, 22 indicadores, los cuales se ajustan de tal forma que al ser más amplia y homogénea el área sombreada de color, el riesgo de la unidad de análisis es alto. Cada indicador individual varía entre 0 y 1, siendo cero el nivel mínimo de riesgo y el óptimo que se esperaría encontrar y 1 el máximo o la situación más crítica y tendiente a un colapso.

A continuación se detallan en el cuadro 31 los indicadores que se utilizaron para estimar el biograma, los cuales contienen la misma información procesada con el programa ALES.






Cuadro 31. Indicadores de riesgo usados en el biograma (por dimensión)

| Vulnerabilidad social | Vulnerabilidad física | Amenazas | Tendencia del riesgo |
|--------------------------------|----------------------------------|--|---|
| 1. Densidad poblacional | 9. Tipo de vivienda | 14. Frecuencia de aparición de fenómenos | 20. Organización comunitaria |
| 2. Analfabetismo (%) | 10. Ubicación de vivienda | 15. Tipo de daño causado por fenómenos | 21. Influencia de la cobertura vegetal |
| 3. Grado de escolaridad | 11. Tipo edificación comunal | 16. Amenaza a sismos | 22. Influencia de la intensidad de uso de la tierra |
| 4. Tipo de servicio de salud | 12. Acceso a edificación comunal | 17. Amenaza a deslizamientos | |
| 5. Acceso al servicio de salud | 13. Vías de comunicación | 18. Tipo de cobertura vegetal | |
| 6. Electricidad | | 19. Intensidad de uso de la tierra | |
| 7. Agua potable | | | |
| 8. Drenaje | | | |

El biograma proporciona una primera aproximación al grado de estabilidad y equilibrio de cada dimensión en forma individual, pero también permite analizar la contribución de cada dimensión a nivel general a la situación de riesgo, al apreciar de un solo vistazo los posibles desequilibrios del sistema, se puede identificar en cuál dimensión se requiere implementar políticas específicas, instrumentos o actividades correctivas para mejorar esa situación.

En el biograma se utilizan cinco colores que permiten identificar fácilmente el estado en el cual se encuentra la cuenca. La adaptación de esta escala al análisis de riesgo representa que cuando el área sombreada equivale a un índice por debajo de 0.2 éste se representa de color verde, simbolizando un estado del sistema como la situación *óptima* (ningún riesgo). Para niveles entre 0.2 y 0.4 se utiliza el color azul, simbolizando un sistema *estable*. De 0.4 a 0.6 el color es amarillo, correspondiente a un sistema *inestable*. De 0.6 a 0.8 la representación es en color púrpura indicando una situación *crítica*. Y cuando el índice está entre 0.8 y 1 la situación significa *la posibilidad de colapso* (ver cuadro 32).

Cuadro 32. Niveles del estado del riesgo para el biograma

| Colores | Valor del índice general | Estado del sistema (cuenca) |
|---|--------------------------|--|
|  | < 0.2 | Nivel óptimo = ningún riesgo |
|  | 0.2 - 0.4 | Nivel estable = bajo riesgo |
|  | 0.4 - 0.6 | Nivel inestable = mediano riesgo |
|  | 0.6 - 0.8 | Nivel crítico = riesgo alto |
|  | >0.8 | Nivel con alta posibilidad de colapsar |

La adaptación de esta metodología de sostenibilidad al nivel de riesgo, incluyó la consideración de los valores de los índices generales calculados por el biograma, los cuales se representan mediante colores específicos del área coloreada en la figura del biograma. Estos colores fueron adaptados de manera inversa a los colores utilizados para en los estudios de sostenibilidad, en este caso, los valores de los índices cercanos a un valor 1 (color rojo), se consideran que la posibilidad de colapso en el ecosistema es alto. Mientras que una coloración verde, manifiesta los bajos niveles de riesgo y vulnerabilidad en el sistema bajo evaluación.

Bajo estas condiciones, el biograma que representa alta posibilidad de colapso y alto riesgo a sufrir las consecuencias de un desastre sería el expresado por la figura 6, mientras que el biograma objetivo (niveles óptimos) que se esperaría encontrar en la cuenca y que refleje la sostenibilidad sería el expresado en la figura 7.

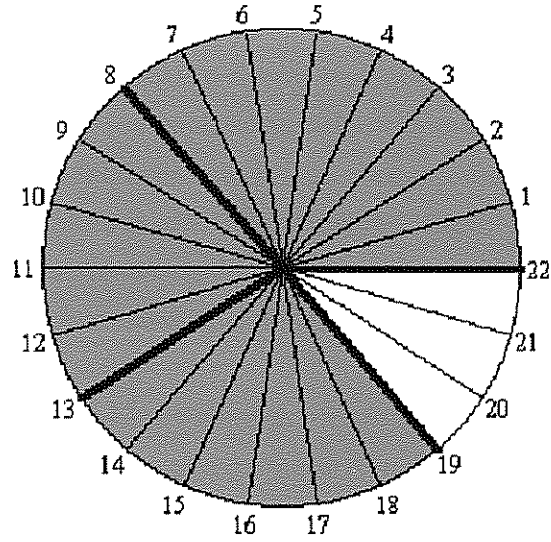


Figura 6. Biograma de cuenca con alta posibilidad de colapso

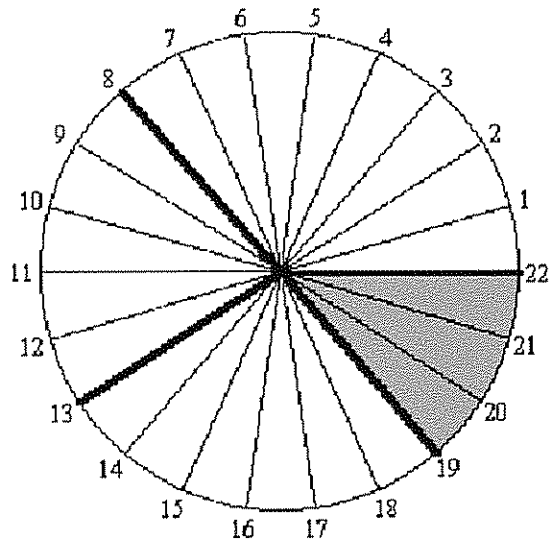


Figura 7. Biograma de cuenca con nivel óptimo de sostenibilidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las evaluaciones en ALES se enfocaron desde tres puntos de vista; la vulnerabilidad total que incluyó los indicadores de vulnerabilidad física e indicadores de vulnerabilidad social; el grado de amenazas y los factores que las favorecen; y una evaluación del riesgo total que integró tanto los resultados de vulnerabilidad total, el grado de amenazas y la tendencia del riesgo, en términos de las acciones que se realizan en la cuenca y que permiten modificar, de manera positiva o negativa el nivel de riesgo en una comunidad.

Este análisis de resultados presenta separadamente el comportamiento de cada uno de los indicadores conforme al grupo que caracterizan (vulnerabilidad física, vulnerabilidad social, grado de amenaza) y finalmente se integra el aporte de cada uno de ellos, a fin de caracterizar y cuantificar el nivel de riesgo que proyectan cada una de las comunidades de la subcuenca.

Los valores de vulnerabilidad, amenazas y riesgos se proyectan en tres niveles; *alto*, *medio* y *bajo*, que agrupan los valores de los índices de cada uno de los indicadores evaluados. Estos tres niveles fueron asignados para cada indicador y para el resultado de la evaluación mediante juicios de valor

4.1 La vulnerabilidad

4.1.1 La vulnerabilidad física por indicador

El comportamiento de los indicadores de vulnerabilidad física analizados por la frecuencia de aparición en cada una de las comunidades de la subcuenca, muestra que las condiciones de infraestructura de las viviendas representada por el indicador "Tipo de vivienda" son las que contribuyen en mayor grado a conformar un alto nivel de vulnerabilidad física de la subcuenca. Del total de comunidades evaluadas (101 comunidades) 62 de ellas evidencian un alto grado de vulnerabilidad y 32 un nivel medio de vulnerabilidad (figura 8).

Aun cuando resulta fácil identificar una situación vulnerable a causa de las condiciones de las viviendas (material de construcción) mediante la observación de la situación social y el grado de pobreza que prevalece en la subcuenca, una evaluación a través de un grupo

más amplio de indicadores revela información completa que permite de manera integrada conocer la vulnerabilidad física que prevalece en la subcuenca.

Otra de las situaciones que influye directamente en la vulnerabilidad física de la cuenca, es el acceso a las comunidades, representada por el indicador "Vías de comunicación". Este indicador evidencia el grado de dificultad que se encontró para el desplazamiento hacia las comunidades, en términos de falta de caminos vehiculares para llegar a las comunidades y la falta de puentes (vehiculares) que obstaculiza el desplazamiento y el movimiento por toda la subcuenca durante la época de invierno.

De todas las comunidades de la subcuenca, 35 evidencian alto nivel de vulnerabilidad y 59 muestran un nivel medio de vulnerabilidad, para este indicador. La figura 8 muestra gráficamente cada uno de los indicadores y el número de comunidades que se encuentran en cada uno de los niveles de vulnerabilidad considerados (alta, media y baja).

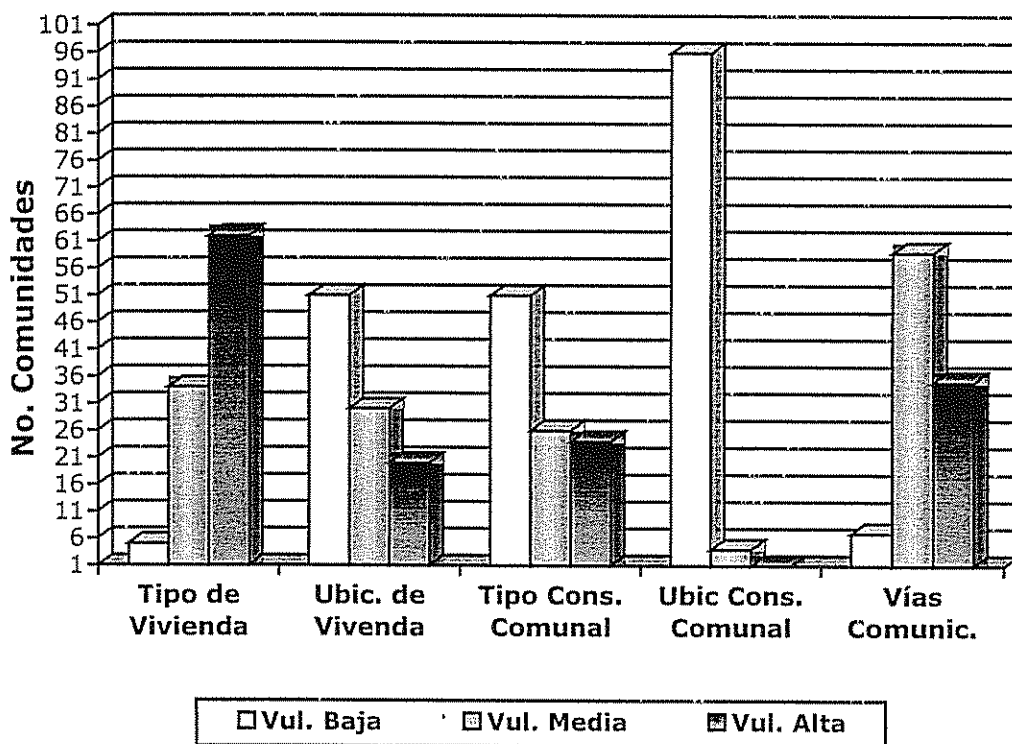


Figura 8. Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad, para indicadores de vulnerabilidad física.

Los resultados evidencian que algunos indicadores evaluados, no aportan de manera contundente a elevar el nivel de vulnerabilidad (anexo 3). En este sentido, las

condiciones que menos aportan son las características de las construcciones comunales; las cuales se evaluaron con los indicadores de "tipo de construcción comunal" y "la ubicación de las construcciones comunales". Aun cuando estos indicadores representan el grado de respuesta que una comunidad pueda tener al momento de presentarse un evento que cause desastre, no son factores que manifiestan o destacan una situación vulnerable.

La ubicación de las construcciones en las comunidades presentan un bajo nivel de vulnerabilidad, pues únicamente cinco comunidades presentan una mediana o alta vulnerabilidad en este aspecto. Esto representa que el acceso a un centro de "albergue" inmediato en estas comunidades es factible, sin embargo, el tipo de construcción que establezca una adecuada seguridad para los afectados es relativamente bajo (51 comunidades), debido a que 50 comunidades poseen media y alta vulnerabilidad.

El indicador "ubicación de vivienda" reporta que 51 comunidades se encuentran alejadas de una amenaza, de acuerdo a la percepción de los miembros de las comunidades. Mientras que las restantes 50 comunidades proyectan una media y alta vulnerabilidad.

4.1.2 La vulnerabilidad física integrada

La vulnerabilidad física analizada de manera integrada por ALES muestra que la mitad del total de comunidades de la subcuenca (50) tienen una baja vulnerabilidad, mientras que 36 comunidades muestran media vulnerabilidad y 15 muestran alta vulnerabilidad física.

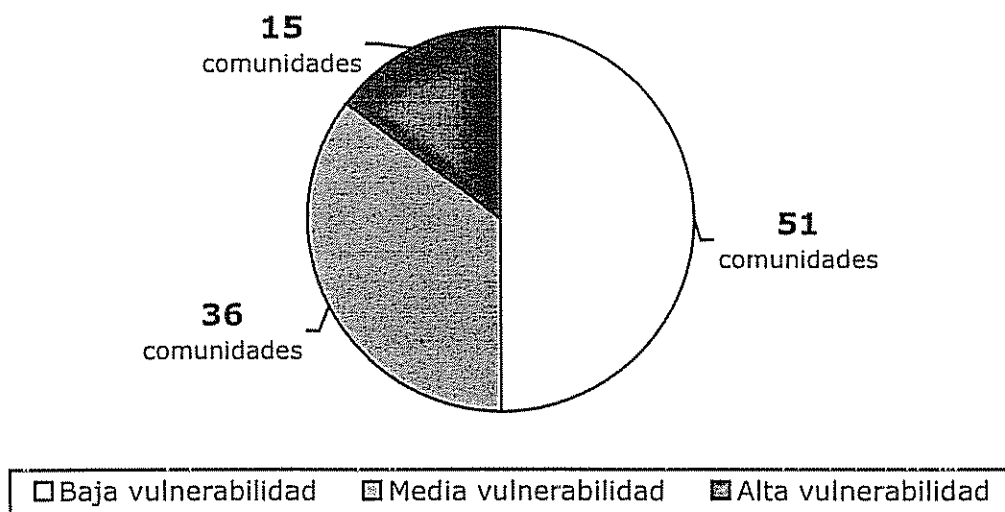


Figura 9. Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad física.

La comunidades que muestran un determinado nivel de vulnerabilidad en la condición física, por lo general conforman un mismo nivel de vulnerabilidad total, sin embargo, el modelo ALES permitió asignar mayor peso (el conocimiento) a algunos de los indicadores considerados de mayor importancia y sobre los cuales el ALES tomó la decisión del grado de vulnerabilidad al cual calificaría una comunidad.

Esta integración de los cinco indicadores de vulnerabilidad física a través de los árboles de decisión en el modelo ALES, permitió identificar que la vulnerabilidad física en la subcuenca se fundamenta en estos dos criterios, sin embargo, el aporte, aun cuando fuera en menor grado, de los otros indicadores, se convierte en esencial y determinante cuando la situación del resto de los indicadores se torna crítica.

La mayoría de comunidades que muestran la mayor vulnerabilidad física carecen de una vía de acceso vehicular. Por ejemplo para acceder a comunidades como Chacalté y Sacsamani, en Purulhá y Santo Domingo I, II y III en La Tinta es necesario caminar a pie por más de una hora.

De igual manera, las condiciones y características de las viviendas observadas a lo largo de la subcuenca, evidencian la vulnerabilidad física, que al ser analizada integradamente con la vulnerabilidad social, proyectan un nivel general de vulnerabilidad para la subcuenca, resultando ser sólo un indicador del nivel de pobreza que se vive en la región.

4.1.3 La vulnerabilidad social por indicador

Aun cuando los elementos bajo análisis fueron las comunidades, el trasfondo del análisis constituye identificar el nivel de vulnerabilidad de los habitantes de esas comunidades, que resultan ser los afectados ante la presencia de una situación que cause desastre.

El análisis de los indicadores evaluados para identificar la vulnerabilidad social proyectan el aporte de cada indicador para conformar un nivel de vulnerabilidad social integrado. Un recuento de la frecuencia de los distintos niveles de vulnerabilidad para cada indicador reporta que indicadores como la densidad poblacional y condiciones de drenaje (sistema de deposición de excretas) contribuyen en menor grado para la conformar un nivel de vulnerabilidad social (anexo 3). La figura 10 muestra el número de comunidades en los distintos niveles de vulnerabilidad alcanzados por cada indicador evaluado en cada una de ellas.

Esta situación se evidencia a razón de que la densidad poblacional en toda la cuenca es baja (41 habitantes por km²) aun cuando se concentran en algunas poblaciones, éstas están ubicadas en zonas adecuadas (por. ej. Purulhá, Chilasco). La densidad poblacional para Guatemala para 1999 fue reportada en 102 habitantes por km² (ONU, 2000). Por otro lado, las comunidades cuentan con el mínimo sistema de deposición de excretas a través de letrinas, las cuales proyectan un nivel "bajo vulnerabilidad local" en este indicador, bajo los parámetros considerados.

Los indicadores que más aportan a la vulnerabilidad social de la subcuenca son el porcentaje de analfabetismo (83 comunidades con alta vulnerabilidad) y el grado de escolaridad en la población (98 comunidades con alta vulnerabilidad), estos indicadores que representan el nivel educativo de los pobladores manifiestan la problemática que se vive en el tema educativo en la subcuenca.

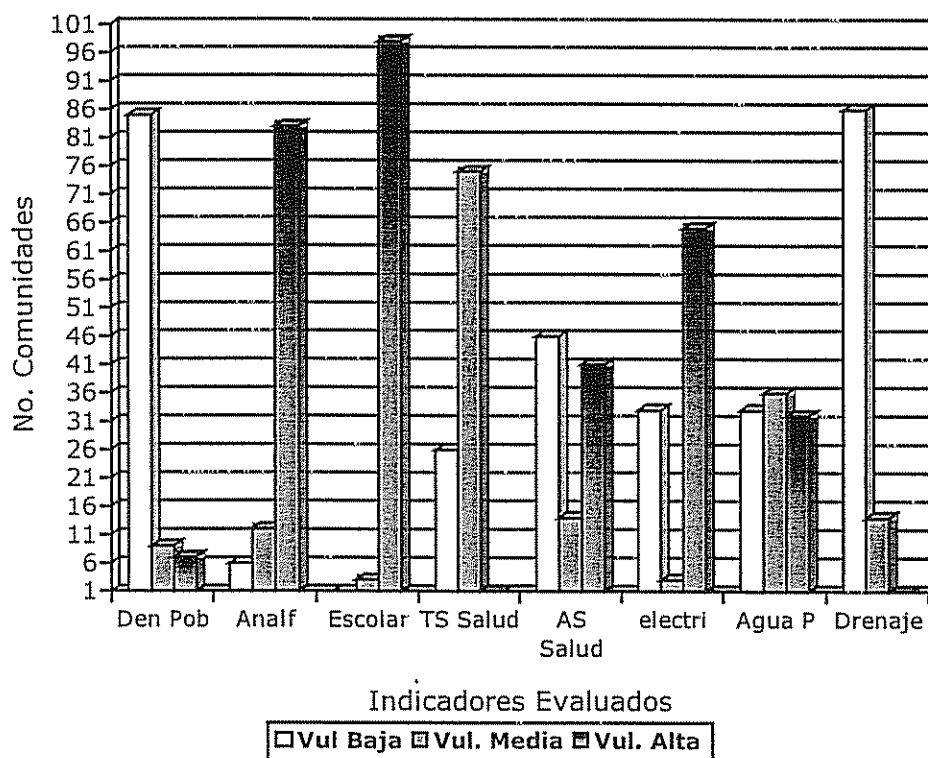


Figura 10. Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad para los indicadores de vulnerabilidad social.

La educación tiene una serie de implicaciones en cadena que afecta a las distintas comunidades y que repercuten en un incremento de la vulnerabilidad, al impedir la implementación y desarrollo de actividades que encaminen a reducir la vulnerabilidad. Resulta difícil y hasta imposible pretender introducir programas y proyectos en las comunidades, que propongan un manejo sostenible de los recursos naturales, o un manejo adecuado con tecnología apropiada para la agricultura, cuando el nivel educativo resulta ser altamente vulnerable.

En los indicadores de salud el más importante, en términos de aporte al grado de vulnerabilidad es el acceso al servicio, pues las comunidades que no cuentan con caminos vehiculares para transportar enfermos a los centros de atención más cercanos deben desplazarse de manera peatonal. El tipo de servicio de salud, aun cuando es mínimo, ha resultado ser eficiente en cuanto a cobertura, un sistema que agrupa a las comunidades y que trabaja con médicos cubanos coordinado por organizaciones no gubernamentales, proyecta un nivel medio de vulnerabilidad en 75 comunidades.

Otros servicios básicos como la electricidad y el agua potable también se constituyen en indicadores que contribuyen de manera determinante a conformar un nivel de vulnerabilidad en la subcuenca. Para el primer caso 65 comunidades evidencian una alta vulnerabilidad, por la carencia del servicio y en el segundo 32 comunidades muestran alta vulnerabilidad ante la ausencia del servicio, mientras que 36 comunidades manifiestan mediana vulnerabilidad.

Estos indicadores que representan los mayores niveles de vulnerabilidad individual, contribuyen a conformar un alto nivel de vulnerabilidad social para la subcuenca en general.

4.1.4 La vulnerabilidad social integrada

El aporte de los distintos indicadores para conformar la vulnerabilidad social en la subcuenca, estuvo constituido por un análisis que contempló la importancia de cada uno de los indicadores, así como el nivel de vulnerabilidad que presentaron los mismos. Y más que una sumatoria de los distintos valores de cada indicador es una integración del nivel de vulnerabilidad que representan.

El análisis integrado de los ocho indicadores mediante el programa ALES proyecta los niveles de vulnerabilidad social en toda la subcuenca. Del total de comunidades de la subcuenca 22 presentan un alto nivel de vulnerabilidad social, y 59 muestran un nivel medio de vulnerabilidad.

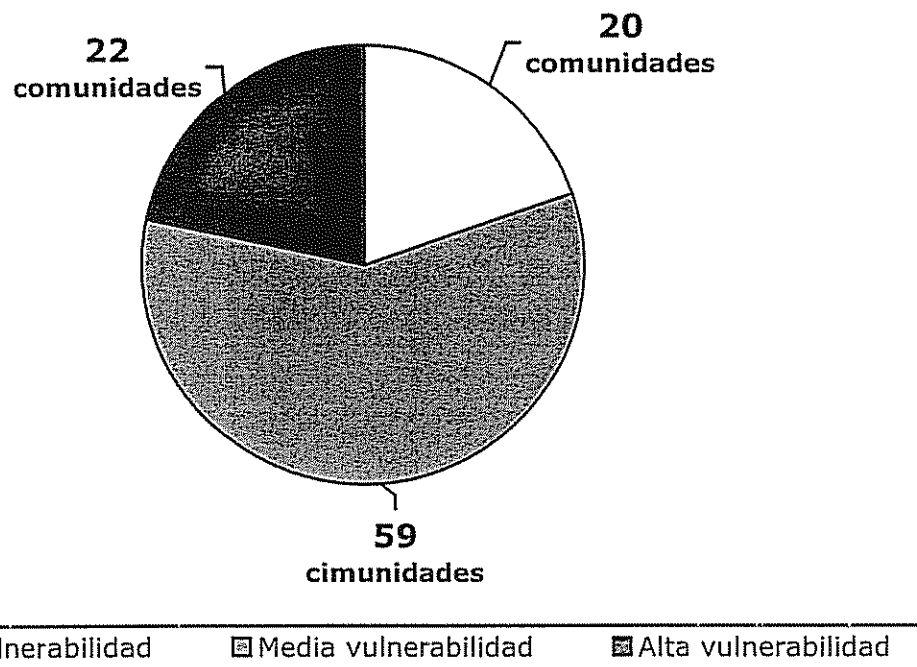


Figura 11. Número de comunidades en cada nivel de vulnerabilidad física.

Los distintos niveles de vulnerabilidad social mostrados por las comunidades se constituyen en un elemento fundamental para conformar un grado de vulnerabilidad total. Este grado de vulnerabilidad para toda la subcuenca es una proyección de la situación social que se vive en la región, manifestándose por los niveles de vulnerabilidad de los indicadores evaluados. Que a su vez, exteriorizan el grado de pobreza que vive la región y la falta de inversión en los aspectos sociales por las instituciones correspondientes.

El entorno social manifestado por la vulnerabilidad social, tiene una relación directa con el manejo de los agroecosistemas de la subcuenca, y las deficiencias y carencias de las herramientas adecuadas para el uso óptimo de los recursos naturales contribuyen a incrementar los niveles de vulnerabilidad.

4.1.5 Otros indicadores de vulnerabilidad

Algunos indicadores no fueron cuantificados (cálculo de índices) debido a una escasa variabilidad manifestada a lo largo de la subcuenca y no se incluyen dentro de la evaluación de vulnerabilidad; sin embargo, esto no los hace menos importantes, sino que por mostrar una uniformidad de información a lo largo de la subcuenca, se constituyen en una base común, no utilizada para evaluar diferencias entre las comunidades de la subcuenca para la conformación de la vulnerabilidad total.

4.1.5.1 Acceso a los servicios de comunicación

Debido a la falta de servicios eléctricos y a la situación socioeconómica de la población no cuentan con los medios para emitir mensajes, la población no puede ejercer una comunicación eficiente e inmediata hacia fuera de subcuenca hidrográfica, no existe teléfonos u otro medio disponible en el mercado para transmitir mensajes fuera de la subcuenca. Algunas fincas donde viven los propietarios como San Rafael, Pampa y otras si se cuenta con teléfonos celulares.

Únicamente tienen acceso como receptores de información, a radios locales cercanas que transmiten programaciones sociales e informativas. Este si es un medio a través del cual ellos pueden estar informados.

4.1.5.2 Cobertura institucional

El escaso trabajo de parte de organismos dentro del área de la subcuenca, repercute en el nivel de vulnerabilidad que presentan las comunidades, la vulnerabilidad en el aspecto institucional, se constituye en una limitante para lograr el desarrollo, sostenibilidad y bienestar de los habitantes y de la subcuenca en sí. Algunas instituciones de carácter gubernamental como el Instituto Nacional de Bosques (regulador, incentivos forestales), CONRED (Coordinadora para la reducción de desastres), las municipalidades de Purulhá, Salamá, San Jerónimo y Santa Catalina La Tinta, desarrollan trabajos de inversión en algunas comunidades a través del manejo de fondos estatales (FONAPAZ, FIS); La Fundación Defensores de la Naturaleza (ONG) administra ("Manejo y Protección") gran parte del área de la subcuenca que pertenece a la Reserva de Biosfera de Sierra de Las Minas.

Las zonas de la subcuenca con cultivos permanentes (café) cuentan con el apoyo de la Asociación Nacional del Café –ANACAFE- quien aporta asistencia en todos los aspectos relacionados al cultivo del café. De igual manera la FEDECOVERA R.L. (Federación de Cooperativas de las Verapaces) trabaja con sus asociados a través de financiamiento y asistencia técnica en cultivos como el café y la reforestación. Recientemente han ingresado a trabajar a la subcuenca instituciones como CARE (USAID) y MOVIMUNDO (Cooperación Italiana), organizaciones internacionales que desarrollan trabajos relacionados a asistencia técnica e inversión en infraestructura.

Esta situación hace que no exista un apoyo multi-Institucional en la subcuenca que permita reducir los niveles de vulnerabilidad. El escaso trabajo que estas instituciones desarrollan, no contribuye a mitigar los efectos que puedan causar los desastres en la región. Además, de la desarticulación entre las pocas instituciones y la falta coordinación en el desarrollo de actividades que pueden implementarse de manera conjunta, agudizan los niveles de vulnerabilidad que presentan las comunidades y la subcuenca en general.

4.1.5.3 Principal fuente de ingresos económicos

En toda la subcuenca del río Matanzas, los pobladores se dedican a actividades agrícolas tanto de carácter personal en sus parcelas, como jornaleros en fincas. La actividad agrícola esta basada en la producción de cultivos para consumo familiar (maíz, frijol) y cultivos como hortalizas, café y cardamomo para la venta local. Esta situación manifiesta que existe una vulnerabilidad dentro de la economía familiar que es altamente dependiente de estas actividades. Este escenario se observa en todas las comunidades de la subcuenca.

Además de manifestarse este tipo de vulnerabilidad económica, se agudizan problemas relacionados al uso de la tierra, que también se constituyen en un colaborador de la vulnerabilidad total de la subcuenca.

4.1.6 La vulnerabilidad total en la subcuenca Matanzas

Los distintos niveles de vulnerabilidad total encontrados en la subcuenca matanzas se ven determinados por los niveles de vulnerabilidad física y vulnerabilidad social que manifiestan las comunidades.

La integración de estas dos variables proyectó un nivel de vulnerabilidad total, y el comportamiento está directamente relacionado a los resultados obtenidos en cada una de las evaluaciones de vulnerabilidad (física y social) presentados en la figura 12.

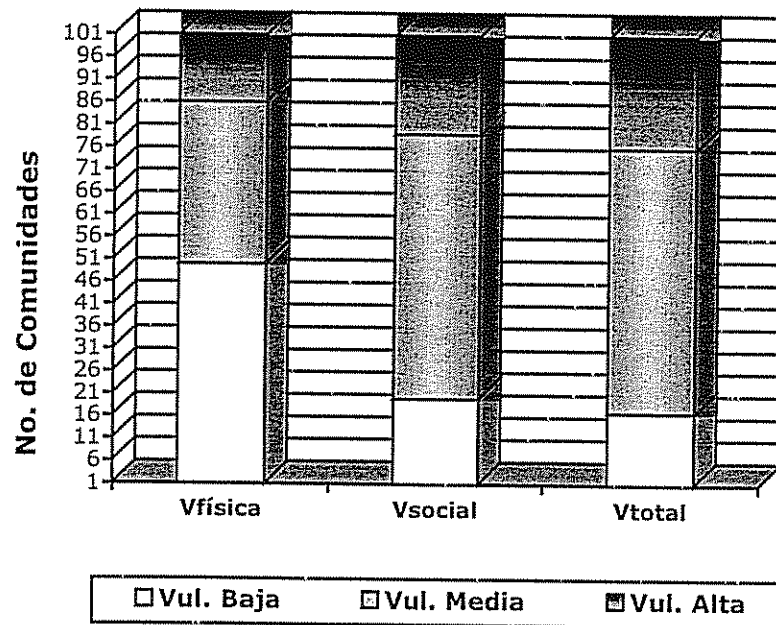


Figura 12. Estructura de los grados de vulnerabilidad evaluados para la vulnerabilidad física, social y total en la subcuenca Matanzas.

A nivel general la subcuenca Matanzas se encuentra entre un nivel de medio y alto de vulnerabilidad, la figura 13 muestra la distribución geográfica de cada una de las comunidades dentro de la subcuenca de y sus niveles de vulnerabilidad.

4.1.6.1 Comunidades con vulnerabilidad alta

El análisis integrado de los niveles de vulnerabilidad física y social en ALES presenta que existen 25 comunidades con altos niveles de vulnerabilidad. Estas comunidades fueron incluidas en este nivel por poseer una combinación de medianas y altas vulnerabilidades de carácter físico y social. Estas comunidades concentran al 19% de la población de la subcuenca (aproximadamente 6300 personas).

Todas las comunidades consideradas con alta vulnerabilidad se presentan en el cuadro 33. La mayoría de estas comunidades se ubican en las zonas mas alejadas de la cuenca, y en muchos casos inaccesibles.

El alto grado de vulnerabilidad es definido por la condición que representaron los indicadores, por ejemplo la comunidad Santo Domingo II perteneciente a La Tinta, muestra altos niveles de vulnerabilidad física y social, influenciados por una alta vulnerabilidad en las condiciones de la vivienda, los servicios de salud, la educación, servicios básicos, y una mediana vulnerabilidad en las vías de comunicación y las construcciones comunales.

Cuadro 33. Comunidades de la subcuenca con alto nivel de vulnerabilidad

| Id. mapa | Nombre | Id. mapa | Nombre |
|----------|--------------------|----------|------------------------|
| 8 | Caquiha II | 42 | Los Pinos |
| 10 | Comunidad Indígena | 50 | Moxante |
| 11 | Chacalté | 54 | Pacayal |
| 12 | Chajquím | 72 | Sacsamani |
| 18 | Eben Eser | 74 | Salijá |
| 20 | El Carmen | 76 | Samilja I |
| 23 | El Espinero | 78 | San Francisco I |
| 27 | El Zapote | 80 | San Gil o San Luisiano |
| 29 | Guaxabaja | 91 | Santo Domingo |
| 31 | Jalaute | 92 | Santo Domingo II |
| 33 | La Colina | 93 | Santo Domingo III |
| 36 | La Esperanza | 94 | Sibijá |
| 41 | Los Gavilanes | | |

En general las comunidades que muestran alto grado de vulnerabilidad son las que evidencia mayores problemas que se agudizan cuando se presenta una "amenaza" o fenómeno que pueda causar un desastre.

La figura 13 evidencia que existen dos regiones bien diferenciadas en las cuales la vulnerabilidad total es alta (comunidades coloreadas con rojo), el primer grupo de comunidades se localiza entre el municipio de La tinta y Purulhá e incluye a las comunidades con mayores problemas de vías de acceso, el segundo grupo se ubica a inmediaciones del río Ribaco, ahí un grupo de seis comunidades también muestran alta vulnerabilidad.

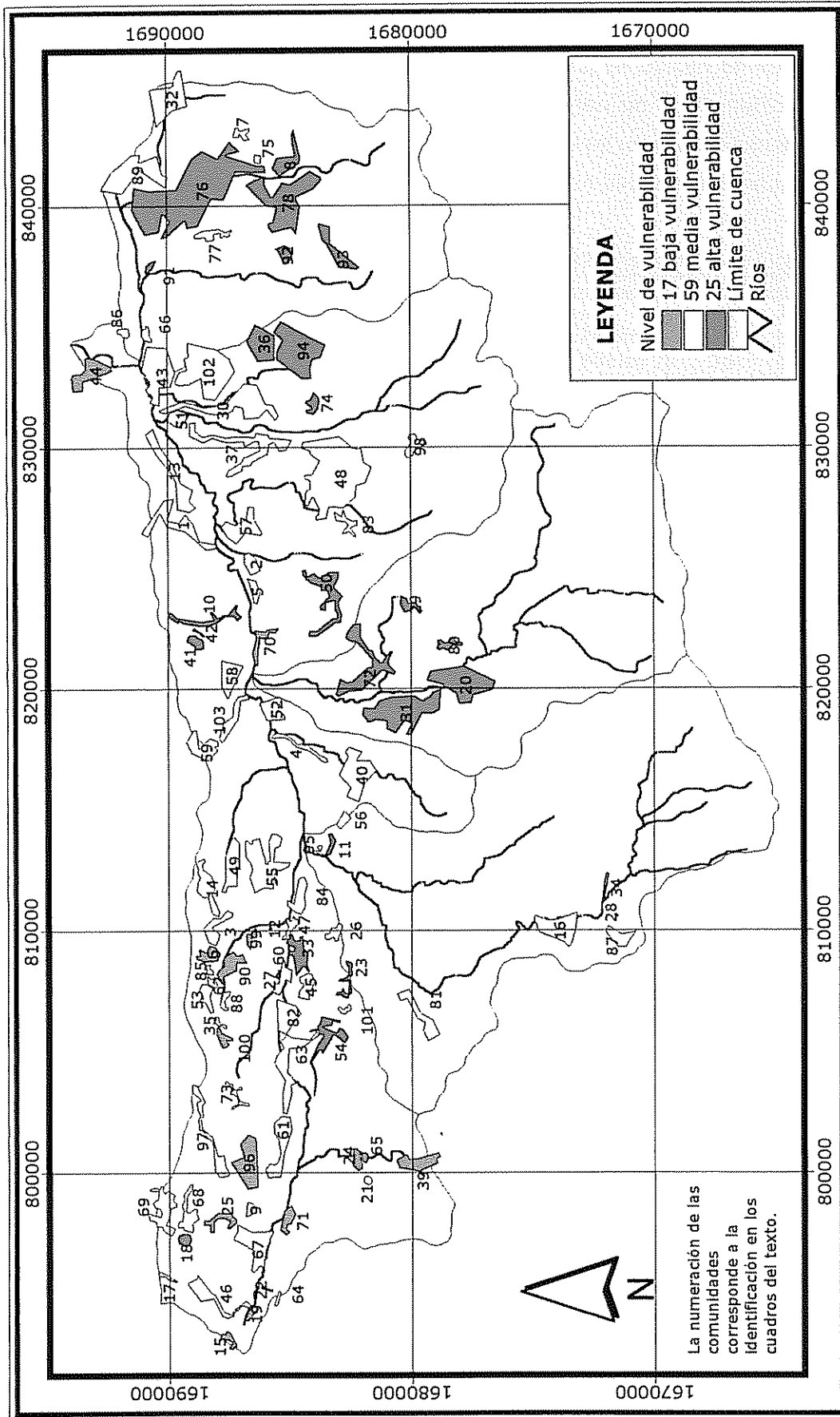


Figura 13. Niveles de vulnerabilidad en las comunidades de la subcuenca Matanzas.

Fuente de información digitalizada:
 Programa de Emergencia por Desastres Naturales
 (PEDN) MAGA, Guatemala, Enero 2001.

Tesis de Maestría M.S. Buch
 Costa Rica, Diciembre del 2001

3 0 3 6 9 Km.

1:250000

4.1.6.2 Comunidades vulnerabilidad media

La mayor cantidad de comunidades de la subcuenca se ubican en esta categoría, 59 de las 101 comunidades evaluadas de la cuenca reflejan un nivel medio de vulnerabilidad. Lo que lleva a pensar que la subcuenca Matanzas tiene un grado vulnerabilidad media. El cuadro 34 muestra las comunidades que se ubican en este nivel de vulnerabilidad.

Cuadro 34. Comunidades con nivel medio de vulnerabilidad en la subcuenca

| Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad |
|----------|-----------------------------|----------|----------------|----------|----------------------|
| 1 | Atenas | 46 | Mocohán | 69 | Repollad Dos |
| 2 | Balamché | 47 | Mojón Panimá | 73 | Sachut |
| 3 | Bremen | 48 | Monte Blanco | 75 | Samilhá II |
| 4 | Cacajá | 49 | Monte Verde | 77 | San Antonio I |
| 5 | Calijá | 51 | Mulujá | 81 | San José El Espinero |
| 7 | Caquiha I | 52 | Olimpia | 82 | San Luis |
| 9 | Comunal | 53 | Orejuelo | 83 | San Pablo Sabob |
| 13 | Chantel | 55 | Pampa | 84 | San Rafael |
| 14 | Chejel | 56 | Pampacay | 85 | Santa Anita Pansal |
| 16 | Chilasco | 57 | Pancajoc | 86 | Santa Catalina |
| 17 | Chisiguan-Durazno | 58 | Pancalá | 87 | Santa Cruz |
| 21 | El Ciprecito | 59 | Panchisivic | 88 | Santa Lucia |
| 26 | El Milagro (Anexo San Luis) | 60 | Panimá | 89 | Santa Maria |
| 30 | Helvetia | 61 | Panimaquito | 95 | Sinanja |
| 32 | Jolomjixito III | 62 | Pansal | 97 | Suquinay (Minas) |
| 35 | La Cumbre del Soldado | 63 | Peña Del Ángel | 98 | Tixilja |
| 37 | La Pinada | 64 | Portezuelo | 101 | Washington |
| 40 | Las Flores Concepción | 66 | Puente Viejo | 102 | Westfalia |
| 43 | Matanzas | 67 | Purulhá | 103 | Xombal Entre Ríos |
| 45 | Maxaxá o El Liquidámbar | 68 | Repollal Uno | | |

Estas comunidades (coloreadas en amarillo, figura 13) se ubican a lo largo de toda la subcuenca, especialmente en la ribera del cauce principal del río (Panimá-Matanzas). La inclusión de las comunidades en esta categoría se hizo con base en que algunas presentaban niveles medios de ambos tipos de vulnerabilidad (social y física); o en algunos casos se presentaba un nivel bajo en vulnerabilidad física y un nivel medio o alto en la vulnerabilidad social.

Este grupo de comunidades son importantes en términos de manejo, prevención y mitigación de la vulnerabilidad que pueda ser implementado a fin de disminuir los factores que la incrementan. Principalmente porque algunos factores (indicadores evaluados) son favorables y permiten una mayor versatilidad en la aplicación de medidas correctivas.

Aun cuando los principales indicadores que evidencian una situación vulnerable de alto grado están presentes en este nivel de vulnerabilidad, estas comunidades se han considerado de vulnerabilidad media por la presencia de algunas condiciones favorables, por ejemplo, algunas comunidades en esta categoría tienen un acceso adecuado a través de vehículo, o las condiciones de vivienda son mucho mejores y no representan vulnerabilidad, en comparación al grupo anterior (comunidades con alta vulnerabilidad). Sin embargo la situación de indicadores como educación, salud, servicios básicos puede ser evidente y presentar alta vulnerabilidad, y es sobre los cuales deben ser aplicadas medidas correctivas a fin de disminuir la vulnerabilidad.

4.1.6.3 Comunidades con niveles bajos de vulnerabilidad

Un pequeño grupo de 17 comunidades muestran un nivel bajo de vulnerabilidad, estas comunidades son principalmente aquellos centro poblados urbanizados como la cabecera municipal de Purulhá, y aldeas que se ubican a la orilla de la carretera asfaltada, y que cuentan con mayor acceso a los servicios de todo tipo. Las comunidades que presentan baja vulnerabilidad se muestran en el cuadro 35, y aparecen coloreadas de verde en la figura 13.

La población que en términos de esta categoría resulta ser menos vulnerable, es de aproximadamente 4000 habitantes de la subcuenca, siendo únicamente un 13% de la población total de la subcuenca.

Sin embargo, a pesar de presentar un bajo nivel de vulnerabilidad, estas comunidades presentan algunos indicadores que proyectan alto grado de vulnerabilidad, por ejemplo, las condiciones de vivienda o el nivel educativo, prevalecen a lo largo de toda la subcuenca y no escapan a manifestarse en estas comunidades.

Cuadro 35. Comunidades con bajo nivel de vulnerabilidad

| Id mapa | Comunidad |
|---------|----------------------------|
| 44 | Matucuy I |
| 6 | Camelias |
| 25 | El Mezcal |
| 100 | Tres Cruces |
| 90 | Santa Rita |
| 15 | Chicoy |
| 96 | Sulín |
| 19 | El Astillero |
| 99 | Tres Aguas |
| 70 | Ribaco |
| 22 | El Ciruelo o Quepec |
| 71 | Río Colorado |
| 24 | El Hotel |
| 65 | Posada Montaña Del Quetzal |
| 39 | La Unión Barrios |
| 34 | La Compuerta |
| 28 | Floresa |

4.2 Las amenazas

Las amenazas que pueden presentarse en una cuenca hidrográfica pueden ser variadas y dependen en gran manera de la morfología de la cuenca y las condiciones climáticas que prevalecen en la misma. En la subcuenca Matanzas, la ubicación del río a lo largo de toda la subcuenca con pendientes pronunciadas y sin áreas planas en la parte baja, limita las zonas bajo amenaza a inundaciones, aun cuando el caudal del río es muy importante como aporte para el río Polochic, dentro de la subcuenca no se han evidenciado grandes problemas con inundaciones, no así en las zonas a partir del punto donde convergen ambos ríos, punto a partir del cual se han sufrido reiterados problemas con inundaciones.

El análisis de las amenazas de la subcuenca fue enfocado principalmente a la presencia de zonas bajo amenaza a deslizamientos, incluyendo información sobre eventos ocurridos en la subcuenca que han causado desastres y sus consecuentes efectos. De igual manera se consideran dentro el análisis dos indicadores (cobertura de la tierra e intensidad de uso de la tierra) que parecieran ajenos a las amenazas pero son coadyuvantes para la manifestación de éstas y contribuyen a favorecer otros problemas como la pérdida de suelos y el aumento de la escorrentía.

4.2.1 Las amenazas por indicadores

El aporte de los distintos indicadores a las amenazas en la subcuenca es variado (anexo 3), y aun cuando la evaluación de la vulnerabilidad se enfoca hacia una amenaza

específica (a deslizamientos), se analizaron seis indicadores que integran y determinan un grado de amenaza general para cada una de las comunidades de la subcuenca.

Entre los indicadores evaluados se incluyó una recopilación de información de campo relacionada a fenómenos que han afectado a la población en los últimos años y los tipos de daños que han causado. Encontrándose que estos indicadores no tienen un aporte significativo al grado de amenaza total de la subcuenca, 97 comunidades presentan baja frecuencia de aparición de fenómenos y 80 han sufrido mínimos daños, cuando éstos se han presentado. De ahí que estos indicadores tengan un bajo aporte al caracterizar las amenazas generales de la subcuenca.

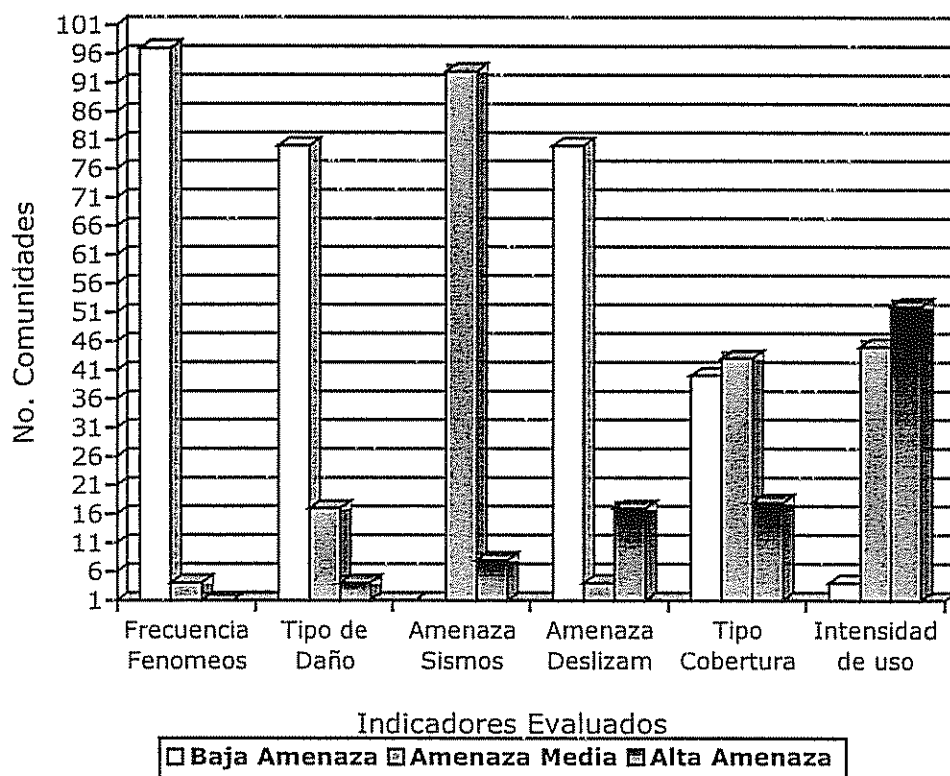


Figura 14. Grado de amenaza de cada indicador en las comunidades de la subcuenca Matanzas.

La amenaza a sismos está diferenciada en dos regiones que atraviesa la subcuenca, y las mayoría de comunidades (93) se ubica donde la amenaza es mediana (en referencia a parámetros a nivel nacional). Para la principal amenaza evaluada (a deslizamientos), se encontró que 80 comunidades muestran una baja amenaza en relación a las áreas identificadas con mayor potencial a deslizamientos (figura 15), debido principalmente a la

ubicación y cercanía de las comunidades hacia estas áreas. Sin embargo, estas 80 comunidades no escapan a esta amenaza, aun cuando presentan un bajo grado, no se descarta la posibilidad que las actividades que se desarrollen (principalmente el uso de la tierra), puedan favorecer y acelerar la presencia de deslizamientos.

Dos de los indicadores más importantes que se incluyeron dentro del análisis de amenazas fueron la cobertura de la tierra y la intensidad de uso de la tierra; por un lado, la cobertura muestra que el grado de amenaza es de mediano a bajo, esto debido a que gran parte de la subcuenca tiene una cobertura forestal, sin embargo, las áreas aledañas a las comunidades muestran otras condiciones menos favorables. Solamente 18 comunidades proyectan un alto grado de amenaza por tener las áreas con una cobertura vegetal que tienden a favorecer las mismas.

La intensidad de uso de la tierra es el indicador que muestra mayor grado de amenaza, 52 comunidades proyectan alto grado de amenaza, debido a que los suelos están siendo utilizados bajo condiciones no favorables y no acordes al potencial productivo de los mismos. De igual manera 45 comunidades muestran un nivel medio de amenazas, convirtiéndose este indicador en uno de los más importantes e influyentes en la determinación del grado de amenaza general para toda la cuenca.

4.2.2 Las amenazas en la subcuenca

La integración de los seis indicadores proyecta que en la subcuenca 19 comunidades se encuentran con alto grado de amenaza (coloreadas en rojo figura 15), que al combinarse con la vulnerabilidad de las mismas se constituyen en las zonas de mayor riesgo dentro de la subcuenca. Así mismo, 20 comunidades muestran un nivel medio hacia amenazas y 62 muestran bajo nivel de amenazas. La figura 15 muestra la ubicación de las comunidades dentro de la subcuenca y los niveles de amenaza, además se presentan las áreas con alto potencial a deslizamientos.

Un aspecto importante de resaltar es que las acciones que se desarrollan en esta subcuenca influyen directamente en el resto de la cuenca hidrográfica, sistema la cual pertenecen. Pues la agudización de las amenazas dentro de la subcuenca, vienen a repercutir con efectos negativos en la mayoría de ocasiones (al ser los que más impacto causan) sobre el resto de la cuenca del río Polochic.

Por ejemplo, la manifestación de una amenaza de deslizamiento en una región de la subcuenca que obstruya el libre recorrido de las aguas superficiales, se constituiría en una represa que almacenaría agua, liberándola posteriormente de manera acelerada lo que causaría graves problemas de inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Polochic.

4.2.2.1 Comunidades con mayor grado de amenaza

El grado de amenaza influido por la presencia de cada uno de los indicadores, diferenció a un grupo de 19 comunidades (cuadro 36) que proyectan un alto grado hacia la presencia de amenazas a deslizamientos. Entre estas comunidades se encuentran aquellas muy cercanas a las zonas a deslizamientos y en una posición crítica respecto a topografía y pendiente, convirtiéndose en las comunidades más sensibles a sufrir los efectos de un desastre.

Cuadro 36. Comunidades con alto grado de amenaza

| Id mapa | Comunidad | Id mapa | Comunidad |
|---------|--------------|---------|-------------------|
| 1 | Atenas | 58 | Pancalá |
| 3 | Bremen | 60 | Panimá |
| 14 | Chejel | 63 | Peña del Ángel |
| 27 | El Zapote | 66 | Puente viejo |
| 30 | Helvetia | 74 | Salijá |
| 37 | La pinada | 76 | Samilhá I |
| 47 | Mojón Panimá | 94 | Sibijá |
| 50 | Moxante | 102 | Westfalia |
| 51 | Mululjá | 103 | Xombal entre ríos |
| 55 | Pampa | | |

La mayoría de comunidades con un alto grado de amenaza, al adherirse con un nivel alto de vulnerabilidad se convierten en comunidades con mayor riesgo a desastres.

Otro grupo de comunidades se encuentra en un segundo plano de amenaza a deslizamientos, este grupo de 20 comunidades (cuadro 37) no obstante presenta menor amenaza que el grupo anterior, sin embargo, aun cuando el nivel pudo ser considerado como nivel medio, no se descarta la posibilidad que se manifieste un desastre cuando las condiciones se convierten en favorables.

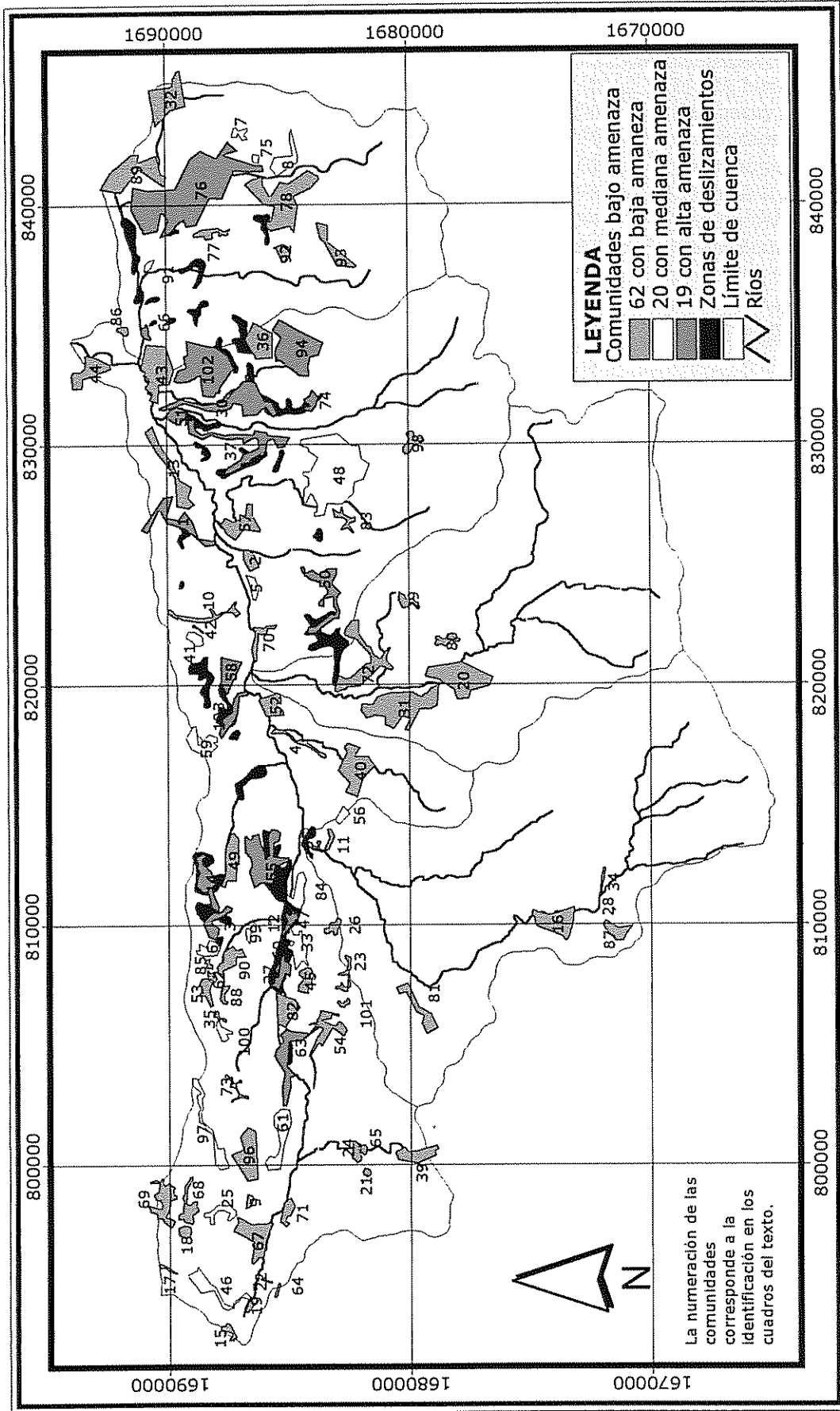


Figura 15. Grado de amenazas y ubicación de las comunidades en la subcuenca Matanzas.

3 0 3 6 9 Km.

Fuente de información :
 (PEDN) MAGA, Guatemala, Enero 2001.
 CARE, Madre Tierra, Coban, Julio, 2001.

Tesis de Maestría M.S. Buch
 Costa Rica, Diciembre del 2001

CATIE

Cuadro 37. Comunidades con un grado medio de amenaza

| Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad |
|----------|---------------|----------|------------------|
| 5 | Calijá | 48 | Monte blanco |
| 6 | Camelias | 56 | Pampacay |
| 7 | Caquiha I | 59 | Panchisivic |
| 8 | Caquiha II | 61 | Panimaquito |
| 12 | Chajquim | 75 | Samilhá II |
| 25 | El mezcál | 84 | San Rafael |
| 28 | Floresa | 91 | Santo domingo |
| 33 | La colina | 97 | Suquinay (minas) |
| 41 | Los gavilanes | 99 | Tres aguas |
| 46 | Mocohán | 100 | Tres cruces |

4.2.2.2 Comunidades con menor grado de amenaza

La mayor cantidad de comunidades (62) se clasificó entre las que tienen menor grado de amenaza a sufrir desastres (cuadro 38). Sin embargo, esta situación no afirma totalmente que estas comunidades están fuera de peligro alguno, pues aun cuando el grado sea bajo, mientras prevalezcan altos niveles de vulnerabilidad, la posibilidad que ocurra un desastres siempre estará latente.

Un gran grupo de estas comunidades al coincidir con bajos niveles de vulnerabilidad, pasan a formar parte de las comunidades con menor riesgo a desastres, lo que permite enfocar actividades y esfuerzos para reducción y mitigación de desastres en otras áreas con mayor prioridad. Mientras a estas se les proporcione el seguimiento técnico adecuado a fin de no incrementar los niveles de amenaza y vulnerabilidad, los cuales son dinámicos, temporal y espacialmente.

Es importante resaltar que esta clasificación no incluye la predicción de amenazas de eventos naturales (aun cuando se hizo un recuento de presencia de fenómenos y daños acaecidos por las comunidades), a los cuales todas las comunidades de la subcuenca resultan estar expuestas, por las condiciones climáticas que pueden afectar a todo el país.

Cuadro 38. Comunidades con menor grado de amenaza

| Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad |
|----------|-----------------------------|----------|----------------------------|
| 2 | Balamché | 53 | Orejuelo |
| 4 | Cacajá | 54 | Pacayal |
| 9 | Comunal | 57 | Pancajoc |
| 10 | Comunidad Indígena | 62 | Pansal |
| 11 | Chacalté | 64 | Portezuelo |
| 13 | Chantel | 65 | Posada Montaña Del Quetzal |
| 15 | Chicoy | 67 | Purulhá |
| 16 | Chilasco | 68 | Repollal Dos |
| 17 | Chisiguan-Durazno | 69 | Repollal Uno |
| 18 | Eben Eser | 70 | Ribaco |
| 19 | El Astillero | 71 | Río Colorado |
| 20 | El Carmen | 72 | Sacsamani |
| 21 | El Ciprecito | 73 | Sachut |
| 22 | El Ciruelo o Quepec | 77 | San Antonio I |
| 23 | El Espinero | 78 | San Francisco I |
| 24 | El Hotel | 80 | San Gil O San Luisiano |
| 26 | El Milagro (Anexo San Luis) | 81 | San José El Espinero |
| 29 | Guaxabaja | 82 | San Luis |
| 31 | Jalaute | 83 | San Pablo Sabob |
| 32 | Jolomjixito III | 85 | Santa Anita Pansal |
| 34 | La Compuerta | 86 | Santa Catalina |
| 35 | La Cumbre Del Soldado | 87 | Santa Cruz |
| 36 | La Esperanza | 88 | Santa Lucia |
| 39 | La Unión Barrios | 89 | Santa Maria |
| 40 | Las Flores Concepción | 90 | Santa Rita |
| 42 | Los Pinos | 92 | Santo Domingo Ii |
| 43 | Matanzas | 93 | Santo Domingo Iii |
| 44 | Matucuy I | 95 | Sinanja |
| 45 | Maxaxá O El Liquidámbar | 96 | Sulín |
| 49 | Monte Verde | 98 | Tixilja |
| 52 | Olimpia | 101 | Washington |

4.3 El riesgo

El riesgo en la subcuenca Matanzas es el resultado del análisis de las condiciones que exponen un grado de vulnerabilidad en combinación con la presencia de amenazas. Y la relación existente entre los distintos niveles de vulnerabilidad y amenaza de las comunidades se manifiesta en un nivel determinado de riesgo. La figura 16 muestra el comportamiento tanto de las amenazas, vulnerabilidad y riesgo con relación al número de comunidades en cada uno de los niveles evaluados.

Las dimensiones del riesgo identificadas en la subcuenca evidencian el grado de exposición, susceptibilidad y peligro al cual están sometidas las distintas comunidades de la subcuenca. De acuerdo a estimaciones de la población existente en la subcuenca para

el 2001, alrededor de 11000 habitantes presentan alto riesgo a la ocurrencia de un desastre.

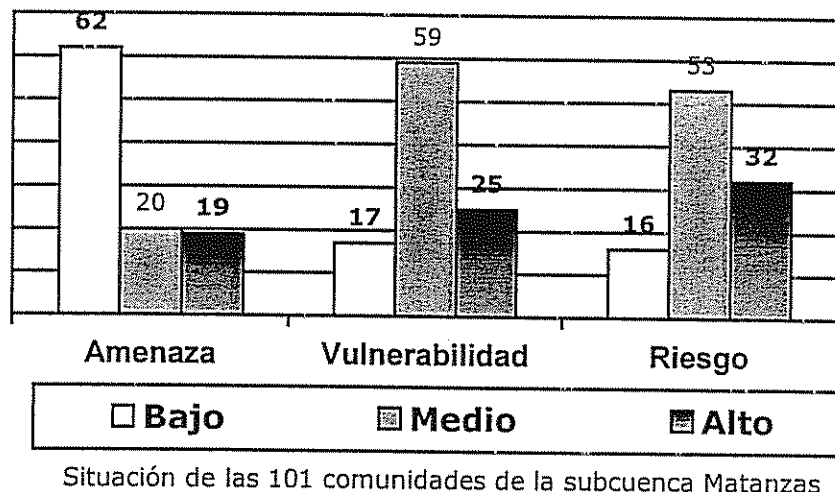


Figura 16. Niveles de vulnerabilidad, amenazas y riesgo en las 101 comunidades de la subcuenca Matanzas.

La identificación de estas condiciones de riesgo en las comunidades, son el resultado de una integración (realizada por ALES) de la vulnerabilidad física, vulnerabilidad social, grado de amenaza incluyendo un análisis de algunos factores (actividad antrópica) que afectan directamente la variación del riesgo (tendencia del riesgo).

La ubicación geográfica de las comunidades en riesgo a lo largo de la cuenca revela que en toda la subcuenca existe riesgo a desastres, ante la presencia de un evento o fenómeno climático adverso que favorezca la manifestación de las amenazas, o en casos extremos la presencia de fenómenos impredecibles y extremos que afecten a toda la región (como la tormenta MITCH).

4.3.1 Comunidades con mayor riesgo a desastres

El mayor riesgo a sufrir desastres en una comunidad está determinado por condiciones físicas y sociales altamente vulnerables, unido a una evidente amenaza al sistema cuenca y la constante e inminente presencia de fenómenos naturales (climáticos o geofísicos, en algunos casos predecibles). Además, el riesgo a desastres guarda una especial relación

con el uso y manejo de los recursos naturales de la subcuenca, considerando que se puede intensificar el grado de amenaza cuando los recursos naturales son mal utilizados, situación que se manifiesta en gran parte de las comunidades de la subcuenca Matanzas incluidas en esta categoría.

Un grupo de comunidades identificadas con alto riesgo (cuadro 39) se convierten en las zonas sobre las cuales debe ponerse mayor atención a fin de planificar una intervención directa sobre los principales factores que inciden en conformar una situación de riesgo (vulnerabilidad y amenazas) y lograr con ellos una adecuada prevención del impacto negativo que pueda ocasionar los fenómenos que causan desastres .

Este grupo de 32 comunidades ubicadas a lo largo de la subcuenca (figura 17), incluye al 33% de la población de la cuenca. El factor determinante para clasificarse con alto riesgo de estas comunidades es el alto nivel de vulnerabilidad y la cercanía a zonas bajo amenaza a deslizamientos, además del sobre uso de las tierras que intensifica la manifestación de las amenazas.

Cuadro 39. Comunidades con mayor nivel de riesgo

| Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad |
|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|
| 1 | Atenas | 41 | Los Gavilanes | 66 | Puente Viejo |
| 3 | Bremen | 46 | Mocohán | 74 | Salijá |
| 5 | Calijá | 47 | Mojón Panimá | 75 | Samilhá II |
| 10 | Comunidad Indígena | 48 | Monte Blanco | 76 | Samilja I |
| 12 | Chajquim | 50 | Moxante | 92 | Santo Domingo II |
| 14 | Chejel | 51 | Mululjá | 93 | Santo Domingo III |
| 23 | El Espinero | 55 | Pampa | 94 | Sibijá |
| 27 | El Zapote | 56 | Pampacay | 97 | Suquinay (Minas) |
| 30 | Helvetia | 58 | Pancalá | 102 | Westfalia |
| 33 | La Colina | 61 | Panimaquito | 103 | Xombal Entre Ríos |
| 37 | La Pinada | 63 | Peña del Ángel | | |

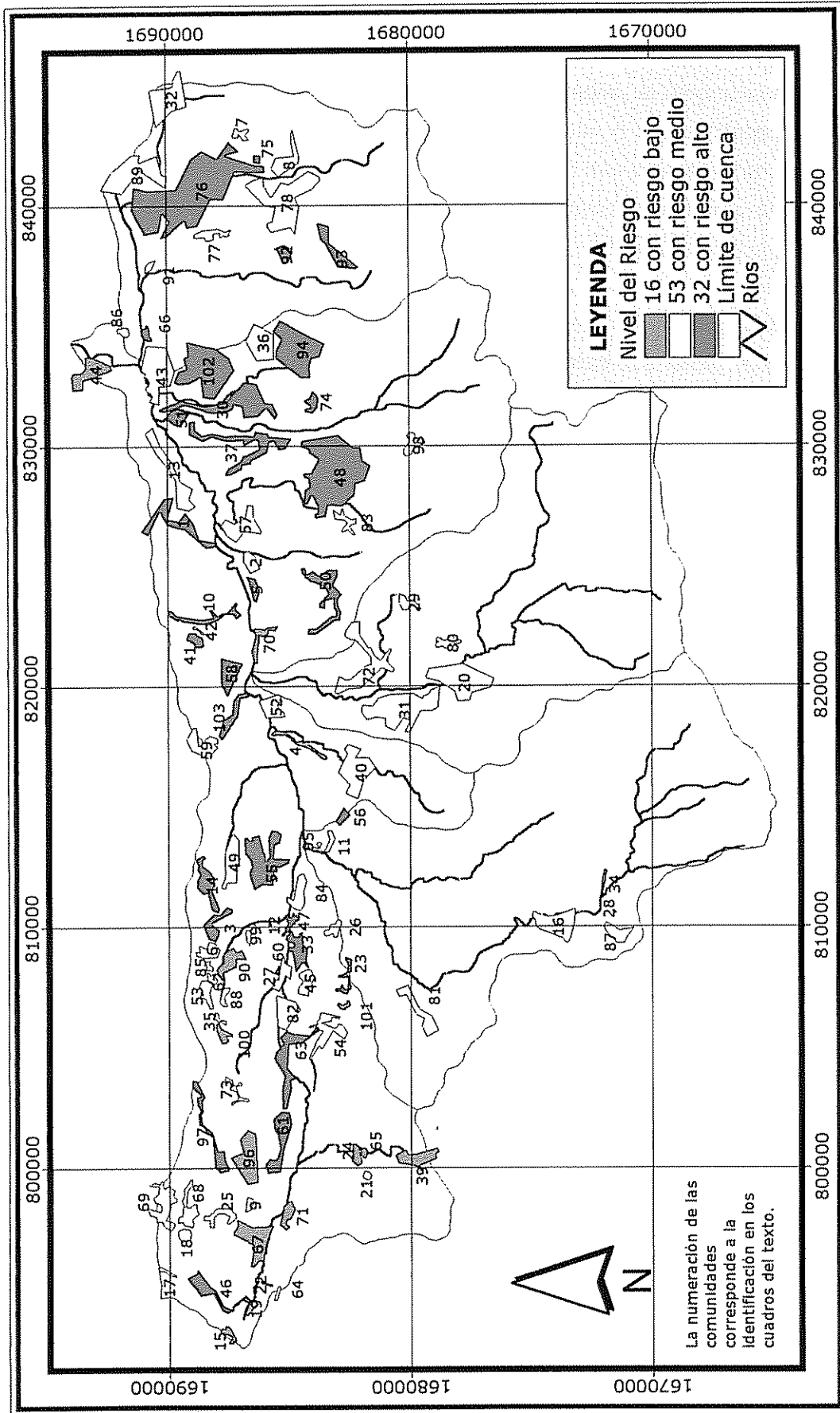


Figura 17. Niveles de riesgo a desastres en las comunidades de la subcuenca Matanzas.

3 0 3 6 9 Km.

1:250000

Fuente de información digitalizada:
Programa de Emergencia por Desastres Naturales
(PEDN) MAGA, Guatemala, Enero 2001.

Tesis de Maestría M.S. Buch
Costa Rica, Diciembre del 2001

CATIE

Una vista pictórica del aporte de los indicadores de todas estas comunidades hacia el alto nivel de riesgo se observa en la figura 18. El biograma representa el estado de cada uno de los indicadores en términos de los índices calculados, el biograma es representado por valores de 0 (centro = menos riesgo) a 1 (extremos = mayor riesgo). Y los indicadores que se acercan más a los extremos, resultan ser los que más aportan al nivel de riesgo en la subcuenca, y sobre los que se requiere mayor atención a efecto de reducir los efectos de los desastres.

Cada uno de los ejes de biograma corresponden a un indicador evaluado. Para los ejes uno al ocho, representan los indicadores de vulnerabilidad social, en donde destacan los altos valores del indicador dos y tres que corresponden al analfabetismo y grado de escolaridad. Además del indicador seis que representa a la cobertura de electricidad para las comunidades.

En los ejes del nueve al trece, se representan los niveles de los indicadores de vulnerabilidad física, y en este caso destacan con valores altos, los indicadores 9 y 10 que corresponden al tipo de vivienda y la ubicación de la vivienda respecto a una amenaza identificada.

Para los indicadores de amenaza que están representados en los ejes 14 al 19, sobresale en las comunidades con alto riesgo el indicador 19 que corresponde al aporte de la intensidad de uso de la tierra. Mientras que los indicadores 20 al 22 que identifican a la tendencia del riesgo, en estos de igual manera el que más está aportando a modificar el riesgo, sobre todo con una tendencia hacia el aumento, es el indicador 22 que corresponde a la intensidad del uso de la tierra (en este caso entre menos área esté coloreada, mayor será el aporte hacia aumentar el riesgo).

El biograma reporta de un índice general del nivel de riesgo de 0.53, para este grupo de comunidades consideradas de acuerdo a ALES en alto riesgo, el cual demuestra en términos numéricos el estado de vulnerabilidad y riesgo a nivel de la subcuenca.

Existe también un grupo de comunidades que de acuerdo a ALES se incluyen con un nivel medio al riesgo (cuadro 40), las cuales a pesar de mostrar un grado menos crítico que las anteriores comunidades en alto riesgo, se constituyen en muy importantes dentro de la subcuenca, al mostrar la mayor sensibilidad al cambio de un nivel de riesgo, y es ahí, en

donde las modificaciones por acciones y actividades desarrolladas en la subcuenca, proyectarán un cambio positivo o negativo, permitiendo reducir o incrementar la vulnerabilidad y por ende los riesgos a desastres.

El biograma que caracteriza a este grupo de comunidades (figura 19) mostró un índice general de riesgo de 0.47, el cual no está muy lejano al obtenido en las comunidades con alto riesgo (0.53), y el comportamiento de los indicadores que más están aportando a conformar el riesgo, tienen un comportamiento similar al obtenido en el grupo de comunidades con alto riesgo, es decir, que los factores que afectan repercuten en una situación de riesgo, son los mismos que influyen en este segundo grupo de comunidades, únicamente, con la diferencia que el grado de severidad de los mismos es menor.

Este grupo de comunidades con un nivel medio de riesgo, no pueden considerarse en un segundo plano para la intervención, a fin de prevenir y mitigar los efectos de los desastres, pues al ser las más sensibles a cambios, debe al menos integrarse bajo una estrategia de evitar que factores como intensidad de uso de la tierra y cobertura vegetal se modifiquen negativamente.

Estos dos grupos de comunidades (alto y mediano riesgo) mantienen un factor común y es que dentro de ellas es importante considerar que las acciones y formas de intervención del hombre, en relación al uso de los recursos naturales (principalmente el recurso suelo), permitirá mantener o incrementar los niveles de riesgo hacia fenómenos que puedan causar desastres.

Y los mismos efectos de esas acciones, no tendrán un impacto positivo o negativo solo dentro los límites de la subcuenca, sino por el contrario, las áreas con mayor impacto serán las que corresponden a la parte baja de la cuenca del río Polochic. Por ejemplo, un adecuado manejo de los recursos naturales (suelo, agua y bosque) en la subcuenca matanzas, vendrá a beneficiar progresivamente en la disminución de los niveles de escorrentía y sedimentación en la ribera del Polochic, evitando con esto las constantes actividades de limpieza de cause (dragado) que actualmente se desarrollan.

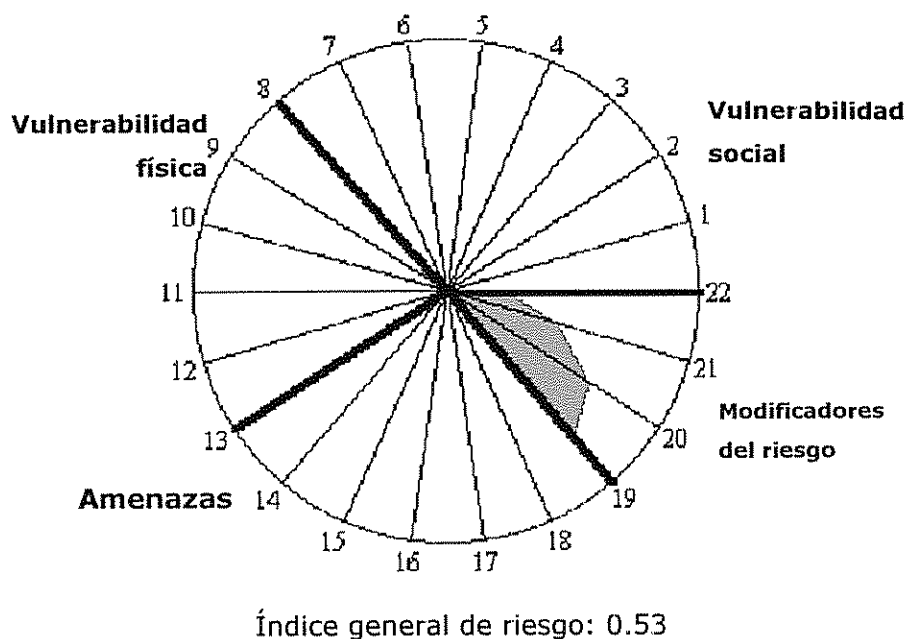


Figura 18. Biograma de comunidades con alto nivel de riesgo (ALES) en la subcuenca Matanzas.

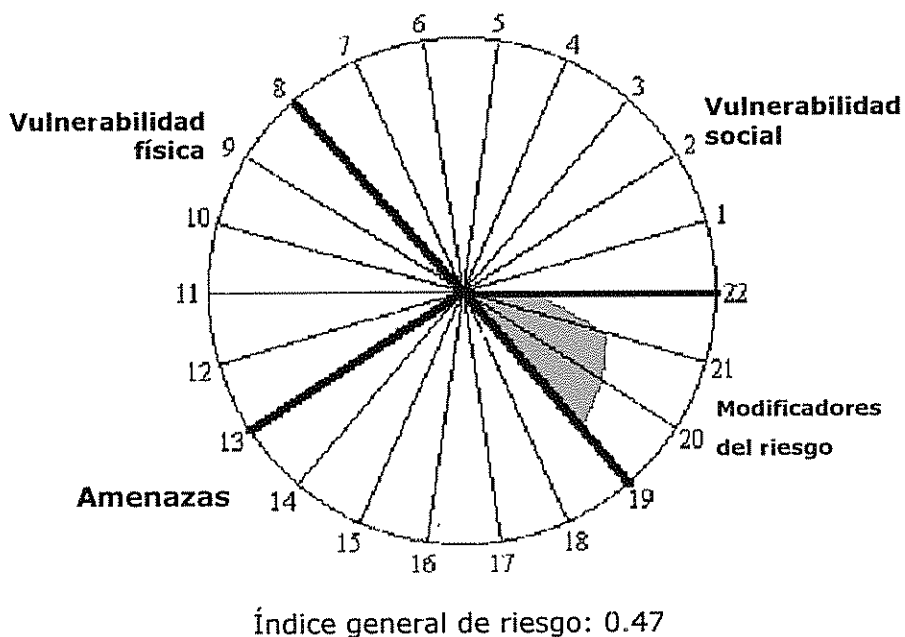


Figura 19. Biograma de comunidades con nivel medio de riesgo en la subcuenca Matanzas.

Cuadro 40. Comunidades con nivel medio de riesgo

| Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad |
|----------|---------------------|----------|-----------------------|----------|------------------------|
| 2 | Balamché | 35 | La Cumbre del soldado | 73 | Sachut |
| 6 | Camelias | 36 | La Esperanza | 77 | San Antonio I |
| 7 | Caquiha I | 40 | Las Flores Concepción | 78 | San Francisco I |
| 8 | Caquiha II | 42 | Los Pinos | 80 | San Gil o San Luisiano |
| 9 | Comunal | 43 | Matanzas | 81 | San José El Espinero |
| 11 | Chacalté | 45 | Maxaxá o El | | |
| 13 | Chantel | 49 | Liquidámbar | 82 | San Luis |
| 16 | Chilasco | 52 | Monte Verde | 83 | San Pablo Sabob |
| 17 | Chisiguan-Durazno | 53 | Olimpia | 84 | San Rafael |
| 18 | Eben Eser | 54 | Orejuelo | 85 | Santa Anita Pansal |
| 20 | El Carmen | 57 | Pacayal | 86 | Santa Catalina |
| 21 | El Ciprecito | 59 | Pancajoc | 87 | Santa Cruz |
| 25 | El Mezcal | 60 | Panchisivic | 88 | Santa Lucia |
| 26 | El Milagro (An. SL) | 62 | Panimá | 89 | Santa Maria |
| 28 | Floresa | 64 | Pansal | 91 | Santo Domingo |
| 29 | Guaxabaja | 68 | Portezuelo | 95 | Sinanja |
| 31 | Jalaute | 69 | Repollal Dos | 98 | Tixilja |
| 32 | Jolomjixito III | 72 | Repollal Uno | 99 | Tres Aguas |
| | | | Sacsamani | | |

4.3.2 Comunidades con menor riesgo a desastres

Las comunidades con menor grado de riesgo son aquellas que se ubican en regiones con mayor acceso a los servicios básicos (electricidad, agua potable, red drenajes), niveles educativos, están ubicadas en zonas con facilidades para la urbanización (por. ej. Purulhá, La Unión Barrios, Chicoy,) cercanas a vías de comunicación asfaltadas, o no hay amenazas evidentes cercanas. En otros casos, las comunidades bajo esta categoría muestran un mejor uso de las tierras, por las actividades productivas que desarrollan (áreas adecuadas para agricultura) y la cobertura vegetal existente en las áreas. Este grupo con menor riesgo incluye a 16 comunidades (cuadro 41).

Cuadro 41. Comunidades con menor riesgo a desastres

| Id. mapa | Comunidad | Id. mapa | Comunidad |
|----------|---------------------|----------|----------------------------|
| 4 | Cacajá | 65 | Posada Montaña del Quetzal |
| 15 | Chicoy | 67 | Purulhá |
| 19 | El Astillero | 70 | Ribaco |
| 22 | El Ciruelo O Quepec | 71 | Río Colorado |
| 24 | El Hotel | 90 | Santa Rita |
| 34 | La Compuerta | 96 | Sulín |
| 39 | La Unión Barrios | 100 | Tres Cruces |
| 44 | Matucuy I | 101 | Washington |

La población que se ubica en estas zonas es de aproximadamente 8000 habitantes, quienes representan un 21% de la población de la subcuenca Matanzas. Es importante resaltar que estas poblaciones no están directamente libradas de sufrir desastres, sino para los objetivos de evaluación, resultan ser las que menos grado de riesgo presentan y por consiguiente requerirán menor atención que otras zonas prioritarias.

El biograma que caracteriza a este grupo de comunidades manifiesta una diferencia marcada con los grupos anteriores (medio y alto riesgo). El índice de riesgo general para este grupo es de 0.36, un valor más bajo que el obtenido en las comunidades con riesgo alto y medio. A pesar de ello, el comportamiento de los indicadores que contribuyen al riesgo y la vulnerabilidad en los niveles anteriores se mantienen en este nivel, aunque con menor grado de incidencia.

La figura 20 muestra el comportamiento de los indicadores, resaltando el grupo que caracteriza el grado de amenaza (ejes 14 al 19) con niveles muy bajos (bajos valores de los índices), mientras que otros indicadores como algunos de vulnerabilidad física y social se mantienen, al igual que los indicadores sobre la tendencia del riesgo, que mantienen valores que están contribuyendo a aumentar el poco riesgo que manifiestan.

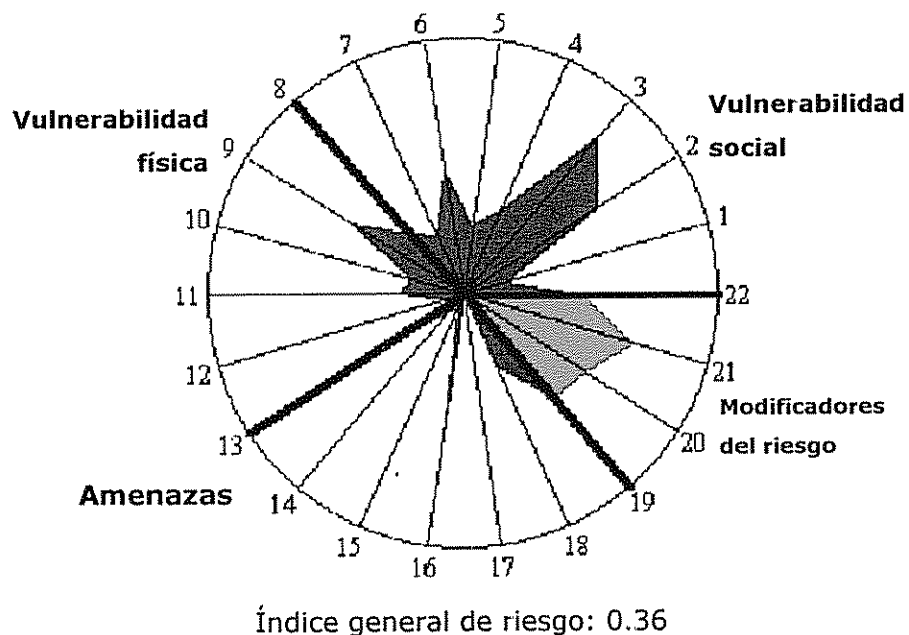


Figura 20. Biograma de indicadores de comunidades con bajo nivel de riesgo en la subcuenca Matanzas.

4.4 La tendencia del riesgo en la subcuenca

El riesgo se ve afectado de manera directa cuando alguno de los factores que lo componen se ve afectado. Este comportamiento puede manifestarse de manera positiva cuando se desarrollan actividades en pro del mejoramiento de las condiciones de vida de los pobladores ("un mayor bienestar disminuye la vulnerabilidad"), y especialmente en el manejo de los recursos naturales de la cuenca.

La mayor influencia de la actividad humana en la cuenca hidrográfica hacia el riesgo esta dada por el uso de los recursos naturales, si existe un uso apropiado, los niveles de vulnerabilidad y amenaza estarán determinados por la estabilidad de los ecosistemas, mientras que si existe un manejo inadecuado en el uso de los recursos naturales, los ecosistemas tienden a aumentar el riesgo, en virtud que las actividades que se desarrollan facilitan o incrementan la manifestación de amenazas.

4.4.1 El aumento del nivel de riesgo

El riesgo como un componente dinámico de los ecosistemas tiene a ser aumentado fácilmente cuando los factores que lo componen son modificados. Esta modificación generalmente no está dada por condiciones naturales ambientales, sino que se ve afectada y acelerada, por el actuar de los habitantes de ese ecosistema. En la subcuenca Matanzas el aumento del nivel del riesgo, se enfoca desde dos ángulos.

4.4.1.1 En función del manejo de los recursos naturales

a) El uso del recurso suelo

El uso inapropiado del recurso suelo en zonas de altas pendientes, material geológico susceptible y condiciones climáticas favorables para la presencia de deslizamientos, *intensifica e incrementa* el nivel de riesgo de una comunidad o región de la subcuenca, complementado con a las actividades agrícolas intensivas y sin ningún tipo de manejo, en tierras donde la capacidad de uso limita las actividades que puedan desarrollarse, agudiza el problema en la subcuenca y convierte a esas zonas en áreas propensas a que se manifiesten las amenazas.

Sin embargo, este problema aun cuando es evidente dentro la subcuenca, los mayores problemas están siendo exteriorizados hacia la cuenca del río Polochic en general, principalmente hacia la parte baja de la cuenca que frecuentemente sufre de

inundaciones, como resultado de la acumulación permanente de sedimentos en el cauce del Polochic, provenientes en gran parte de la subcuenca Matanzas (el movimiento dentro cuenca es de 342 toneladas suelo en m³/ha/año, en áreas que están siendo sobreutilizadas de acuerdo a su capacidad productiva), y bajo situaciones de intensa precipitación estas zonas sufren fácilmente estas consecuencias. No pudo estimarse ni conocerse la cantidad de sedimentos que arrastra el río Matanzas, sin embargo, la densidad y coloración de las aguas observadas después de un lluvia indica que existe aporte de sedimentos de la subcuenca Matanzas hacia el río Polochic puede ser alto, considerando también la gran cantidad de suelo que esta siendo movilizadada dentro la subcuenca, del cual gran parte va junto a la escorrentía hacia el cauce del río y por consiguiente hacia la parte baja de la cuenca del río Polochic.

b) El recurso bosque:

Los recursos forestales fuera de la zona protegida de la Sierra de las Minas, tienen una presión constante, pues ante las necesidades de alimentación que sufre la población, el incremento de la frontera agrícola es evidente año tras año. Pero el problema que se deriva de la pérdida del recurso bosque integra una serie de consecuencias y reacciones en cadena que vienen a contribuir de manera directa y significativa al incremento del nivel del riesgo.

La pérdida del recurso bosque y el subsiguiente uso de la tierra para fines agrícolas, en áreas bajo amenaza a deslizamientos incrementa el nivel de riesgo. Comunidades que se ubican en la parte media de la cuenca como Sibija (no. 94 en mapa) han sufrido pérdidas de tierras por deslizamientos, las cuales no contaban con cobertura forestal. En similares situaciones se encuentran áreas bajo cubierta de cultivos agrícolas (Peña del Ángel, La Pinada, Guaxabaja, Santo Domingo I, entre otras), las cuales han sufrido deslizamientos, debido a que estas actividades agrícolas se desarrollan en zonas con altas pendientes y donde la falta de una cobertura adecuada que facilite la infiltración de las precipitaciones y contribuya mediante los sistemas radiculares a fijar el material geológico y los suelos.

Aun cuando aproximadamente el 53% de la cuenca hidrográfica cuenta con una cobertura forestal, es inminente que la pérdida progresiva de este recurso traerá como consecuencia un incremento en los niveles de riesgo dentro de la subcuenca y su contribución al incremento de riesgo a toda la cuenca baja del río Polochic.

Es importante resaltar que el incremento del riesgo visto desde el punto de vista de las amenazas se constituye en el principal mecanismo sobre el cual puede influir la cobertura forestal, sin embargo, la vulnerabilidad humana (física, social, institucional, económica) guarda una especial relación con la falta de manejo y aprovechamiento adecuado de los recursos forestales por parte de las comunidades debido a las limitaciones técnicas de los agricultores.

c) El recurso agua:

El recurso agua principalmente el proveniente de las precipitaciones se constituye en uno de los elementos principales que incrementan el nivel de riesgo. Al convertirse en un agente que favorece la manifestación de amenazas como los deslizamientos.

El riesgo a nivel de la cuenca del Polochic se agudiza por la falta de una red de información a cerca de la producción de agua en términos de precipitación y caudales en (y transporte de sedimentos) la subcuenca Matanzas, que permita realizar una planificación a fin de implementar las medidas preventivas en la parte baja de la cuenca del Polochic para prevenir desastres por inundación.

El aporte de la subcuenca Matanzas en caudal hacia el Polochic es determinante, pues cerca del 64% del caudal del Polochic (abajo del punto donde convergen,) proviene de la subcuenca Matanzas. Situación que evidencia el por qué de los graves problemas que se sufren en cuanto a inundaciones durante la época de invierno en la parte baja de la cuenca del Polochic.

Así mismo, la calidad del recurso agua, en términos de uso para consumo humano contribuye a incrementar los niveles de vulnerabilidad social de los pobladores de la cuenca (en el aspecto salud), ante la posibilidad del consumo de aguas con cierto grado de contaminación. Debido a la falta de infraestructura de distribución y tratamiento, como la posible contaminación por productos químicos provenientes de actividades agrícolas y el uso del agua en beneficios de café.

4.4.1.2 En función de la preparación y organización social para enfrentar los desastres

La organización social se convierte en uno de los principales elementos que modifican el riesgo, pues de ella dependen las acciones que se emprendan a fin de prevenir los posibles efectos de los desastres.

La falta de organización y participación comunitaria incrementa los niveles de riesgo, aun cuando en la subcuenca Mantazas esta situación no es muy evidente (88 comunidades cuentan con comité local comunal), no existe una preparación especializada en el tema de gestión del riesgo que permita enfocar acciones hacia la disminución de la vulnerabilidad y la preparación al riesgo.

La participación comunitaria es otro elemento clave en el sistema organizativo social, la mayor dificultad en este sentido se encuentra en las comunidades que se encuentran ubicadas dentro de fincas privadas, en donde, la mayor parte no poseen la visión de alcanzar un fin común para las comunidades, sino, se desenvuelven en los quehaceres cotidianos de las fincas, que les proveen de las condiciones mínimas para sobrellevar la vida. De ahí que únicamente cuatro comunidades (fincas) no poseen organización alguna, mientras que 11 más (fincas), sólo cuentan con un alcalde auxiliar.

4.4.2 La reducción del nivel de riesgo

En la cuenca hidrográfica se hace muy poco a fin de lograr un adecuado manejo del riesgo, es evidente que la mayoría de poblaciones no están concientes de la situación en la que viven, y quienes si lo están, no cuentan con las herramientas y mecanismos adecuados para combatirlo y/o aprender a convivir con esas adversidades.

- *La recuperación de la cobertura vegetal original* es una de las actividades más importantes a fin de reducir los niveles de riesgo, algunas acciones se han encaminado por comunidades y fincas dentro la subcuenca, mediante el uso de los incentivos forestales otorgados por el INAB, se han establecido plantaciones que a mediano plazo, contribuirán a reducir los niveles de riesgo, sobre todo respecto a reducir el grado de amenazas y vulnerabilidad de los ecosistemas.

- *La agricultura basada en cultivos semi-permanentes* en la subcuenca ocupa un lugar muy importante (cerca del 3% del área de la cuenca); en cultivos como el café bajo sombra y el cardamomo, es posible implementar medidas de acción (conservación de suelos) a fin de disminuir el grado de amenaza que pueda significar para una comunidad, así como, una mejora en los niveles de producción conlleva a una reducción de vulnerabilidad económica, y con ello se disminuye el riesgo

- *El grado de preparación y organización* en la subcuenca Matanzas, bajo las actuales circunstancias no contribuye a reducir los niveles de riesgo. Sin embargo, algunas instituciones como CARE y CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres) han hecho algunos intentos en formar comités de desastres locales, bajo la estructura establecida por el gobierno, tomando como base la organización con que cuentan las comunidades. Pero aún así, éstas no se encuentran con la capacidad para enfrentar una situación de desastre y mucho menos para vivir y lograr una adecuada gestión del riesgo.

La falta de acciones concretas en la subcuenca con el fin de disminuir los niveles de vulnerabilidad y riesgo, no proyecta una disminución del riesgo dentro la subcuenca y menos aún, fuera de ella (área de influencia en cuenca del Polochic), lo que lleva a pensar que no existe una propuesta para lograr una reducción del riesgo.

Finalmente, el problema de las amenazas a deslizamientos revelado por condiciones intrínsecas (geología, geodinámica, climatología) de la zona, y que es difícil modificar a través de una intervención humana, puede ser enfrentado modificando los agentes externos que favorecen las condiciones o factores del riesgo y sobre los cuales pueden aplicarse medidas correctivas a fin de evitar la ocurrencia y los consecuentes efectos de un desastre.

4.5 La utilidad del ALES en la evaluación de riesgos

El ALES como programa fue diseñado pensando en evaluar tierras, sin embargo, las características de programación y evaluación permiten adaptarse a otros tipos de evaluaciones como el caso de la vulnerabilidad y riesgos.

La facilidad de comprensión e interpretación de los resultados generados del ALES se basa en las opciones que presenta el programa, por ejemplo, la opción de *-porqué?* - permite identificar las razones (indicadores) por las cuales una unidad bajo análisis (comunidad) se ubican dentro de cierto nivel de cualidad de evaluación (alto, medio, bajo).

Esta identificación de factores (indicadores de vulnerabilidad) por los cuales una unidad de análisis se categoriza en cierto nivel, permite y facilita simular cambios en resultados

al modificarse dichos factores. Esto permite a los preparadores de programas y proyectos estimar inversiones por indicadores para obtener resultados específicos.

La simulación de escenarios a raíz de la proyección de cambios en los indicadores, permite enfocar las acciones hacia aspectos prioritarios y determinantes, y con ello, facilitar la toma de decisiones.

Por ejemplo una comunidad que se encuentra en el nivel de alto riesgo, al hacerle la pregunta al programa de porqué (opción F2), nos indica que las principales razones son el alto grado de amenaza y alto nivel de vulnerabilidad. Asumimos que la vulnerabilidad es un factor modificable mientras que, la intervención en las amenazas es mas difícil.

En este sentido preguntamos cuales son las condiciones que proyectan alta vulnerabilidad en esa comunidad, y nos responde que existen ciertos indicadores con altos niveles de vulnerabilidad. Permittiéndonos estimar en términos económicos y de tiempo, la inversión necesaria para reducir los niveles de esos indicadores y por consiguiente, reducir los niveles de vulnerabilidad.

De igual manera podemos hacer con las amenazas, conociendo los factores (indicadores) que determinan el alto riesgo de esa comunidad en particular, y si los factores determinantes son modificables, podemos estimar la inversión necesaria para llevar a esos indicadores a niveles menos críticos y con ello reducir el grado de amenaza.

4.6 Líneas de acción para reducción de la vulnerabilidad y mitigación de riesgo a desastres

Con base en los análisis de resultados se presentan las principales líneas de acción sobre las cuales puede implementarse un programa que permita reducir y mitigar la vulnerabilidad y el riesgo hacia los desastres naturales. La base fundamental de estas líneas está dada bajo los preceptos de una "**estrategia de prevención más que de respuesta**" permitiendo poner énfasis en los principales problemas, para promover un desarrollo integral de las comunidades de la cuenca y lograr un bienestar adecuado.

La vulnerabilidad resulta ser una situación directamente relacionada a los factores que conllevan a una situación de pobreza, y no son necesarios muchos conocimientos en vulnerabilidad y desastres para predecir los efectos que estos pueden causar en las poblaciones de Guatemala.

El manejo adecuado de los recursos naturales es un elemento clave para reducir la vulnerabilidad, que unido a un desarrollo social progresivo, al fortalecimiento institucional local y la participación comunitaria; permitirá una adecuada gestión del riesgo, la cual debe contemplarse e integrarse en cada etapa (planificación, ejecución, monitoreo y evaluación) que conlleve el desarrollo de programas, proyectos y actividades.

La estrategia de reducción de la vulnerabilidad local se fundamenta en promover un "desarrollo sostenible", con base en una gestión integral del riesgo, el fortalecimiento de la capacidad productiva que redunde en una buena capacidad económica y la búsqueda de un bienestar social.

Las líneas de acción propuestas son el fruto del análisis de vulnerabilidad realizado en la cuenca y para garantizar el éxito de su implementación, requieren de un proceso de "*validación*" ante las comunidades, que se enriquezca a través de un proceso participativo, comunal e institucional, además, contemplar que cualquier actividad en la subcuenca requiere ser bilingüe (Queqchí y Pocomchí) para transmitir adecuadamente la información.

4.6.1 Objetivo de las líneas de acción

Promover progresivamente el proceso de reducción de la vulnerabilidad y mitigación del riesgo de la población de la subcuenca Matanzas, hacia eventos que causen desastres.

4.6.2 Fundamentos de la vulnerabilidad y el riesgo

Las principales causas de la vulnerabilidad y el riesgo en la subcuenca Matanzas se pueden diferenciar en dos áreas temáticas, las cuales guardan una interrelación y en algunos casos una depende de otra:

4.6.2.1 Condiciones sociales

- a) Los bajos niveles educativos: Principalmente el alto grado de analfabetismo y el desconocimiento del idioma español, limita el acceso a información técnica de diversa índole y la comunicación con el medio exterior a la comunidad (p.e. en la comunidad Chacalté no pudo organizarse oficialmente un grupo de mujeres debido a que ninguna sabe leer y escribir).
- b) Las dificultades de accesibilidad a las comunidades: el transporte interno dentro la comunidad es ineficiente, en términos productivos y de emergencia (ante un evento).
- c) Las condiciones de vivienda: el desconocimiento y la falta de capacidad técnica en cuanto a construcción y ubicación de las viviendas.
- d) Organización y participación social: la escasa capacidad político-institucional de las municipalidades y comunidades mismas. La exclusión del componente género, La falta de capacidad de gestión y búsqueda de cooperación externa (ONG's), y la falta de preparación y protección pre y post desastre.

4.6.2.1 Condiciones ambientales

- a) El sobreuso de los suelos: la inadecuada e ineficaz estructura y capacidad agrícola productiva, en áreas poco aptas para la agricultura.
- b) La cobertura vegetal: la falta de una cobertura adecuada (forestal), en tierras con altas pendientes, favorece la pérdida masiva del suelo por las lluvias torrenciales, que agudiza los problemas cuenca abajo.

4.6.3 Estrategias y líneas de acción

a) Promover la educación formal e informal en los habitantes de las comunidades, de carácter básico (lectura y escritura) y especializado (información técnica).

- Gestión y coordinación con las instituciones correspondientes en el tema de alfabetización de adultos.
- Implementar y desarrollar un programa de capacitación técnica en temas específicos de interés común, incluyendo el componente género, orientada por espacios, tiempos y ritmos propios de las comunidades.

b) Fomentar mejoras para el acceso hacia las comunidades.

- Fomentar la gestión financiamiento para habilitar caminos de acceso hacia comunidades que no cuentan con ellas.
- Fomentar la gestión de financiamiento para construcción de puentes vehiculares y peatonales sobre los principales ríos en la subcuenca.
- Fomentar la coordinación con dueños de fincas, municipalidad y comunidades el mantenimiento de vías de comunicación.

c) Propiciar una mejora en las condiciones de vivienda de la población, enfocado hacia el tipo de construcción y ubicación de las mismas respecto a las amenazas a deslizamientos existentes.

- Incrementar la capacidad técnica de los pobladores en aspectos de construcción y ubicación de las viviendas.
- Fomentar la ubicación de nuevas viviendas o comunidades en zonas con menores riesgos a deslizamientos.

d) Fomentar la organización y participación de la comunidad en todos los niveles de tomas de decisión.

- Fomentar la organización interna de las comunidades y la participación activa y coherente de todos sus miembros.
- Fomentar e incrementar el grado de percepción sobre los niveles de riesgo y promover los medios necesarios para enfrentarlo.
- Fortalecer la capacidad institucional local (municipal y comunal) a fin de incrementar su radio de acción.

e) Fomentar un ordenamiento de los sistemas de producción a fin de optimizar los niveles productivos y mejorar los ingresos económicos que minimicen los riesgos y contribuciones a la manifestación de amenazas.

- Promover e incentivar un programa de ordenamiento local (a nivel de finca-comunidad) del uso de la tierra, consensuado las condiciones y necesidades socioeconómicas y el potencial productivo de la tierra.
- Incentivar y cautelar la adopción de prácticas productivas que impulsen la conservación de suelos.
- Promover la implementación de prácticas de agricultura sostenible en los cultivos de café y cardamomo.

f) Manejo forestal y recuperación de áreas deforestadas.

- Fomentar el manejo forestal sostenible en las zonas de uso permitido dentro de la zona protegida de la Biosfera de La Sierra de Las Minas.
- Fortalecer y complementar a nivel de cuenca el tema de incentivos forestales (programa de Inab y programas nuevos).
- Establecer mecanismos que permitan obtener ingresos a las comunidades mediante un programa de pago por servicios ambientales.

h) Generación de información hidrometeorológica.

- Crear una base de datos meteorológicos permanente, basados en la rehabilitación del equipo existente en la subcuenca y la instalación de nuevos equipos en las principales microcuencas de la subcuenca.
- Establecer acuerdos y convenios interinstitucionales entre las entidades correspondientes y competentes en la subcuenca.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- a). En la subcuenca Matanzas, el nivel de vulnerabilidad total más frecuente es el nivel medio (59 comunidades), seguido por el nivel alto (25 comunidades) y el nivel bajo (17 comunidades).
- b). La vulnerabilidad física y social, contribuyen en mayor grado con el riesgo a desastres. Las comunidades con altos niveles de vulnerabilidad, también están categorizadas con altos niveles de riesgos.
- c). La integración de los factores del riesgo (vulnerabilidad y amenazas), en las comunidades de la subcuenca, identificó que 53 comunidades muestran riesgo medio, 32 riesgo alto y 16 riesgo bajo.
- d). Se determinó que las comunidades con alto riesgo se encuentran distribuidas a lo largo de toda la subcuenca, no así para la vulnerabilidad total, en la que se identifican dos áreas donde se ubican las comunidades con mayor vulnerabilidad (río Ribaco y río Samiljá).
- e). Se formularon líneas de acción sobre las condiciones que influyen directamente en la vulnerabilidad y el riesgo, a fin de reducir los efectos de los eventos que causen desastres.
- f). El modelo de análisis basado en las áreas de las *comunidades* permite focalizar esfuerzos y acciones sobre las poblaciones de esas comunidades, quienes son los actores directos sobre las restantes zonas de la subcuenca.
- g). La adaptación del modelo de evaluación ALES resulta ser un medio de análisis eficaz y confiable para determinar vulnerabilidad y riesgos. El ALES facilita la interpretación de los resultados y permite simular cambios de escenarios en las condiciones y con ello planificar las acciones con base en evaluaciones *ex-ante*.
- h). La vulnerabilidad expresada en la susceptibilidad de sufrir daños ocasionados por desastres, tiene una estrecha relación con los niveles de desarrollo en las poblaciones y la comprensión del nivel de riesgo en que se vive.

i). La metodología empleada para evaluar la vulnerabilidad y riesgo, se constituye en una herramienta útil para el manejo integrado de las cuencas hidrográficas.

RECOMENDACIONES

a). Es factible usar indicadores para medir vulnerabilidad lo cual resulta ser una herramienta adecuada, sin embargo, es importante considerar que los diversos resultados mostrados por cada indicador, deben ser estandarizados para lograr una comparabilidad en un análisis integrado.

b). Las evaluaciones de vulnerabilidad y riesgos deben fundamentarse en un "análisis integrado", que considere las condiciones sociales y ambientales, pues, ambas no son independientes, y las acciones sobre una repercuten en los resultados que exprese la otra.

c). El modelo ALES puede ser utilizado para evaluaciones conjuntas de vulnerabilidad, amenazas y riesgos, debido a su practicidad en la construcción e interpretación, utilizando juicios de valor.

d). El modelo ALES puede ser implementado en evaluaciones en otras cuencas y en el monitoreo de la vulnerabilidad, usando los mismos o nuevos indicadores de vulnerabilidad. Debido a que admite la modificación y adhesión de indicadores.

e). Los resultados obtenidos en esta investigación pueden ser utilizados para implementar políticas, programas y proyectos locales (cuena del Polochic y subcuena Matanzas), que tiendan al desarrollo y por consiguiente a la reducción de la vulnerabilidad.

f). Previo a la implementación de las líneas de acción propuestas, es necesario validar y consensuar todas las actividades que deseen ejecutarse en la subcuena Matanzas. Siendo imprescindible la inclusión de los idiomas que se hablan en la región.

g). Es factible implementar una programa de gestión del riesgo en la subcuena Matanzas, contemplando una integración de soluciones que incluya a la problemática de manejo de recursos naturales juntamente con los problemas de carácter social

6. LITERATURA CITADA

- Arce C, A. 2001. Evaluación de riesgo a remociones en masa, otros procesos erosivos e inundaciones en la cuenca del río Polochic y parte baja de la cuenca del río Cahabón. Cobán, A. V. 70 p.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo, US), 1999. Reducción de la Vulnerabilidad ante amenazas naturales: Lecciones aprendidas del huracán Mitch. Documento estratégico sobre gestión ambiental. (en línea) Stockholm, Sweden, Consultado septiembre 2001. Disponible en: <http://www.reconstruir.org.sv/Prevencion-desastres/BID/Reduccion-Vulnerabilidad.htm>
- _____. 1998. Estrategia para el manejo integrado de los recursos hídricos. Washington, DC. Departamento de desarrollo sostenible, División de Medio Ambiente. 38 p.
- Blaikie, P; Cannon T; Davis, I; Wisner, B. 1996. Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres. Colombia, La red. 374 p.
- Cardona A, OD. 1993a. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. *In* Los desastres no son naturales. Comp. A Maskrey. Colombia, La Red. p. 51-74.
- _____. 1993b. Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados. *In* Los desastres no son naturales. Comp. A Maskrey. Colombia, La Red. p. 75-94.
- CARE (Cooperación Americana de Remesas al Exterior, US). 2001. Evaluación de riesgos de la cuenca del río Matanzas, Purulhá, Baja Verapaz. Cobán, A. V. Guatemala, Consultora Madre Tierra-Servicios Geológicos. 69 p.
- CARITAS. 1999. Una nueva perspectiva de trabajo en contextos de pobreza: La resiliencia. (en línea). Argentina. Consultado en Octubre del 2001. Disponible en: <http://www.guiasolidaria.pccp.net.ar/documentos/caritas.htm>
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). 1998. Estado del ambiente y los recursos naturales en Centroamérica 1998. comp. J Rodríguez. San José, CR, CCAD. 179 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 1993. Primer seminario de planificación ambiental participativa para el manejo de cuencas hidrográficas. ed. P Hidalgo. Santiago, CL, 71 p. (documento no.2)

- González F, AR. 1986. Identificación de áreas críticas y formulación de directrices generales para un desarrollo sostenido, en la cuenca del río grande de Térraba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 210 p.
- GWP (Asociación Mundial para el Agua, SE). 2000. Manejo integrado de recursos hídricos. Estocolmo, SE, GWP. 74 p. (Tac background paper no.4)
- IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1997. Mapa hipsométrico de Guatemala: hoja La Tinta 2261 IV. Esc. 1:50.000.
- _____. 1997. Mapa hipsométrico de Guatemala: hoja San Jerónimo 2161 II Esc. 1:50.000.
- _____. 1997. Mapa hipsométrico de Guatemala: hoja Tucurú 2161 I. Esc. 1:50.000.
- _____. 1997. Mapa hipsométrico de Guatemala: hoja Tactic 2161 IV. Esc. 1:50.000.
- _____. 1980. Mapa geológico de Guatemala: hoja Tucurú 2161 IG. Esc. 1:50.000. Color.
- IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1987. Mapa hipsométrico de Guatemala: hoja El Cimiento 2261 II. Esc. 15.000.
- ILWIS (Integrated Land and Water Information System, NE). 1997. Application Guide. International Institute for aerospace Survey & Earth Sciences. Ilwis 2.1 for Windows. 352 p.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2001. Planes de manejo bajo ejecución en los Municipios de Purulhá, Salamá y San Jerónimo en Baja Verapaz. Base de datos Registro Nacional Forestal. Guatemala. Consultada junio de 2001. *Sin publicar*.
- INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 1994. X Censo de población y V de habitación: población y vivienda a nivel de lugar poblado. 1 disco compacto, 8 mm.
- _____. 2001. Guatemala: proyecciones de población a nivel departamental y municipal por año calendario periodo 2000 -2005. Guatemala, 194 p.
- INSIVUMEH (Instituto de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología, GT) s.f. Datos meteorológicos. Boletas de datos mensuales de estaciones, Chilasco, Concepción y Jolomjix. Área de Climatología. Guatemala.

- _____. 1986. Boletín Hidrológico. Año hidrológico 1985-1986. Área de Hidrometeorología. Guatemala. (no. 16)
- _____. 1994. Reconocimiento hidrogeológico en la cuenca del río Guacalate hasta la estación San Luis Las Carretas. Sección de aguas subterráneas. Guatemala. 110 p.
- Lavell, A. 1996. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. *In* Ciudades en Riesgo. Comp. MA, Fernández. Perú, La Red. p. 21-59.
- Lee S, D. 1997. Indicadores generados por la comunidad: guía para técnicos de campo que realizan monitoreo y evaluación a nivel comunitario. CIID- COSUDE. Cambridge, UK. UICN. (Serie herramientas y capacitación).
- López, F. 1999. Evaluación hidrológica de las crecidas provocadas por el paso del huracán Mitch en Guatemala. (en línea). Montevideo, UY, PHI / UNESCO. Consultado en diciembre 12 del 2000. Disponible en <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/mitch/>
- Maskrey, A. 1993. Vulnerabilidad y mitigación de desastres. *In* Los desastres no son naturales. Comp. A Maskrey. Colombia, La Red. p.111-134.
- Millan, SM. 1985. Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala norte y centro. Trad por M. Chiquín. Associates Limited, St. Johns. Cobán, A. V. USAC. 44 p.
- Minaya P, A. 1998. Análisis de riesgos de desastres mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG). Navegando entre Brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgos en América Latina. Ed. A Maskrey. Perú, ITDG / La RED. p. 95-140
- Mota Chavarria, MA. 1997. Evaluación de la amenaza por deslizamientos para un área en el municipio de Chinautla, Guatemala. Tesis Ing. Geo. Cobán, A. V. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte. 115 p.
- Müller, S; Núñez, J; Ramírez, L. 1998. Indicadores para el uso de la tierra: el caso de la cuenca del río Reventado, Costa Rica. San José, C.R. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 58 p.
- _____. 1996. Como medir la sostenibilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. Costa Rica, GTZ- IICA. 56 p. (Agricultura sostenible y recursos naturales no. 1)

- MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia social, GT). 2001. Datos generales del municipio: informe de situación de salud en Purulhá. ed. H De La Cruz. Purulhá, B.V., Centro de Salud Municipio de Purulhá. 10 p.
- ONU. (Sistema de las Naciones Unidas, GT). 2000. Guatemala: la fuerza incluyente del desarrollo humano. Informe de Desarrollo humano 2000. Guatemala. 312 p.
- OEA (Organización de Estados Americanos, US). 1991. Desastres, planificación y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir los daños. USAID. Washington D.C. 80 p.
- _____. 1993. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado (en línea). Consultado 16 de noviembre de 2000. Disponible en <http://www.oas.org/defaultesp.htm>
- PROMA (Proyecto de monitoreo ambiental de las cuencas del Motagua y Polochic, GT). 2000. Sistema de monitoreo y evaluación del proyecto. Guatemala, CATIE USAID. 42 p.
- Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y el CATIE / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. 4 ed. Turrialba, C.R.: Biblioteca Conmemorativa Orton, 1999. 40 p.
- Reiche, C; Carls, J. 1996. Modelos para el desarrollo sostenible: las ventanas de sostenibilidad como alternativa. San José, CR, GTZ-IICA. 42 p. (Agricultura sostenible y recursos naturales no.2)
- Rodas C, OA. 1996. Evaluación automatizada de tierras con fines de producción forestal y conservación hidrológica: estudio de caso microcuenca del río Chilasco, Baja Verapaz, Guatemala. Tesis Mag. SC. Turrialba, CR, CATIE. 207 p.
- Romero G.; Maskrey A. 1993. Como entender los desastres naturales. In Los desastres no son naturales. Comp. A Maskrey. Colombia. La Red. p.1-8.
- Rossiter, DG; Van Wambeke, A; Jiménez T, A. 1993. Sistema Automatizado para la evaluación de tierras ALES: versión en español. Manual para usuarios. Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences.
- _____; Jiménez, T, A; Van Wambeke, A. 1995. Sistema Automatizado para la evaluación de Tierras: Versión 4.5 en Español. Ithaca, NY, Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences. 100 p. (SCAS Teaching Series No. T93-1 Revision 5).

- _____; Van Wambeke, A; 1997. Automated Land Evaluation System: Ales version 4.65 User's Manual. Ithaca, NY, Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences. 29 p. (SCAS Teaching Series No. T93-1 Revisión 6).
- Simons, CS; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de suelos de la República de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Piden Ibarra. 1000 p.
- Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementos de Muestreo. Trad. E Rendón, RJ Gómez. Tercera edición. México DF. Grupo Editorial Iberoamericana. 321 p.
- Sepúlveda, S; Castro, A; Rojas, P; Chavarría, H; Emmanuel, P. 2001. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales. San José, C. R. IICA. 39 p.
- SG-SICA (Secretaria General del Sistema de Integración Centroamericana, ES), 2000. Plan de acción para el manejo integrado del agua en el Istmo Centroamericano. Sistema de Integración Centroamericano. CCAD. DANIDA. CRRH CAPRE. 27 p.
- Taller Regional Gestión Ambiental y Disminución de la Vulnerabilidad a Desastres Naturales. (1999, San Salvador). 1999. Eds. A Uribe; F Henrik. San Salvador, El Salvador. BID- SICA. 73 p.
- UNEPAR-UNICEF (Unidad ejecutora de Proyectos de Acueductos Rurales-Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, GT). 2000. Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala. Asesoría Manuel Basterrechea Asociados S.A. Guatemala, 209 p.
- USAC (Universidad de San Carlos de Guatemala, GT). 1999. Lecturas sobre población, vulnerabilidad y riesgo. Comp. JF Martínez. Guatemala, Centro de Estudios Urbanos y Regionales, USAC. 80 p. (textos de apoyo a la docencia no. 01/99)
- Valenzuela, ML. 2000. La participación comunitaria en la gestión del riesgo. Guatemala, IDIES /URL. 69 p. (Estudios sociales no. 62)
- Vermeiren, JC. 1993. Disaster Risk Reduction as a Development Strategy. (en línea) Orlando, Florida. Unit of Sustainable Development and Environment, Organization of American States. Consultado septiembre 23 del 2001. Disponible en <http://www.oas.org/en/cdmp/document/lossredn.htm>
- Wilches-Chaux, G. 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo. Quito, EC, ITDG / La Red. 153 p.

_____. 1993. La vulnerabilidad global. *In* Los desastres no son naturales. Comp. A Maskrey. Colombia, La Red. p. 9-50.

Zapata M, R ; Caballeros, R; Mora, S; Jarquin, E; Perfit, J. 2000. Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. México, CEPAL – BID. 47 P.

7. ANEXOS

Anexo 1 Formato de recolección de datos de campo

| | |
|------------------|-----|
| Fecha de visita: | No. |
|------------------|-----|

| | |
|------------|------|
| Comunidad: | Hab. |
|------------|------|

| | | |
|---------------|-----------|-------------------------|
| No. Familias: | No. Casas | Área en km ² |
|---------------|-----------|-------------------------|

| | | |
|----------------|--------------|--|
| Pto. de Salida | Dist. Aprox. | |
|----------------|--------------|--|

3.5 Vías de comunicación km-Tiempo

| | |
|----------------------|--|
| Carretera asfaltada | |
| Carretera terracería | |
| Camino peatonales | |

3.6 Otra infraestructura vial Distancia m/km; río?

| | |
|-------------------------------------|--|
| Existencia de puentes | |
| Falta al menos un puente vehicular | |
| Falta de mas de un puente vehicular | |

4.7 Presencia de alguna obra de protección ubicación **1.1 Tipo de Vivienda** (no.?, % casas?)

| | |
|---------------------------|--|
| Diques de contención | |
| Gaviones | |
| Otros | |
| Ninguna pero necesaria | |
| Ninguna pero No necesaria | |

| | |
|------------------|--|
| Block | |
| Madera | |
| Lamina | |
| Caña / Bajareque | |
| Adobe | |

1.2 Ubicación de viviendas-distancia a amenaza? **2.3 Tipo construcción comunal**(número, capacid)

| | | |
|--------------|--|--|
| 0 - 100 m | | |
| 100- 500 | | |
| 500-1,000 | | |
| 1,000 -2,000 | | |
| 2,000 - más | | |

| | |
|------------------|--|
| Block | |
| Madera | |
| Lamina | |
| Caña / Bajareque | |
| Adobe | |

| |
|--------|
| Notas: |
|--------|

Cont. Anexo 1 Formato de recolección de datos de campo

2.4 Acceso a las construcciones comunales

| | |
|---------------------------|--|
| 0 - 100 | |
| 100- 500 | |
| 500-1,000 | |
| 1,000 - más | |
| Existencia obstáculos* | |

*falta de puentes, existencia barrancos

5.8 Tipo de fenómeno(cuantos, donde?)

| | |
|------------------------|--|
| Derrumbes | |
| Inundaciones | |
| Deslizamientos | |
| Tormentas (vientos) | |
| Otros | |

5.9 Frecuencia de aparición (cuando?)

| | |
|------------------------|--|
| Este año | |
| El año anterior | |
| Los últimos 5 años | |
| Los últimos 10 años | |
| Hace más de 10 años | |

5.10 Tipo de daños causados

| | |
|----------------------------|--|
| Ningún daño | |
| Daño a cultivos | |
| Daño a viviendas | |
| Daños a infraestructura | |
| Daños a personas | |

8.15 Tipo de servicio de salud

| | |
|-------------------------------------|--|
| Medico especializado (hospital) | |
| Medico general (puesto de salud) | |
| Enfermería (puesto de salud) | |
| Enfermería (casa) | |
| Ninguno | |

8.16 Frecuencia del servicio de salud

| | |
|-----------------|--|
| Permanente | |
| Semi-permanente | |
| Semanal | |
| Eventual | |
| Ninguno | |

8.17 Acceso al servicio de salud

| | |
|-----------------|--|
| En la comunidad | |
| > de 5 km | |
| De 5 a 10 km | |
| Mas de 10 km | |
| | |

9.18 Energía Eléctrica (% de casas?)

| | |
|---------------|--|
| Mas del 75 % | |
| De 50 al 75 % | |
| De 25 a 50 % | |
| > de 25 % | |
| ninguno | |

Notas:

Cont. Anexo 1 Formato de recolección de datos de campo

8.19 Agua potable

| | |
|---------------|--|
| Mas del 75 % | |
| De 50 al 75 % | |
| De 25 a 50 % | |
| > de 25 % | |
| Ningún | |

9.20 Drenaje-Fosa séptica

| | |
|---------------|--|
| Mas del 75 % | |
| De 50 al 75 % | |
| De 25 a 50 % | |
| > de 25 % | |
| Ningún | |

10.21 Tipo de organización

| | |
|-------------------------------|--|
| Coordinadora de desastres | |
| Al menos un comité Pro-mejora | |
| Solo alcalde auxiliar | |
| Ninguna | |
| otro | |

10.22 grado de participación

| | |
|------------------------------|--|
| Toda la comunidad | |
| Más del 50 % de la comunidad | |
| < del 50 % de la comunidad | |
| | |
| | |

11.23 Tipo de instituciones presentes (cuantas?) y cobertura institucional

| | | | |
|---------------|--|-------------|--|
| Crédito | | Ninguna | |
| Asesoría | | Al menos 1 | |
| Capacitación | | Entre 2 y 5 | |
| Organización | | Más de 5 | |
| Regulatoria | | | |
| Otra función. | | | |

12.24 Tipo de servicio de comunicación (#) y acceso a los servicios

| | |
|------------------|--|
| Teléfonos | |
| Señal-Radio y TV | |
| Solo personal | |
| Ninguna | |
| Otra | |
| | |

| | |
|--|--|
| Recursos disponibles (humanos, economic) | |
| Recursos para trabajo en su función | |
| Recursos de funcionamiento | |
| Únicamente presencia | |

| | |
|-----------------------|--|
| Emisores y receptores | |
| Solo emisores | |
| Solo receptores | |
| Ninguna | |

Informantes Clave
 Cargo en la comunidad:
 Numero de acompañantes:

Anexo 2 Protocolos para la recolección de información de indicadores en la subcuenca Matanzas.

| Indicador | ¿Qué se mide? | ¿Cómo y con qué se mide? | ¿Dónde? | observaciones |
|--|---|--|--|---|
| CRITERIO: Vivienda | | | | |
| Tipo de vivienda | El porcentaje de casas que están construidas de cada material bajo evaluación y análisis (block, madera y tanil) | Observación del material del cual están construidas las casas y conteo de las mismas. | En cada una de las comunidades visitadas. Por visualización propia de las casas y por descripción de informantes claves. | Los material evaluados, se refieren a las paredes de las casas. En la mayoría de comunidades se usa lamina para el techo. |
| Ubicación de la vivienda | La posición de las viviendas de una comunidad, respecto a una amenaza percibida. | Se estima la distancia de una comunidad hacia una amenaza (deslizamiento) | En la comunidad principalmente y por los miembros de las comunidades. | La amenaza percibida se refiere, a la amenaza identificada por los pobladores. |
| CRITERIO: Infraestructura comunal | | | | |
| Tipo de construcción comunal | La presencia de construcción comunal y el material del cual están construidas. | Observación y pregunta a los miembros de la comunidad del tipo de construcción comunal con que cuentan. | En la comunidad | |
| Acceso a las construcciones | La distancia estimada de las casas a las construcciones comunales. O a la comunidad con una construcción comunal más cercana. | Se estima el radio de ubicación de las casas hacia la construcción comunal. Se pregunta a los miembros de la comunidad el tiempo y distancia que requieren para llegar a ella. | En la comunidad | Muchas de las reuniones con los miembros de la comunidad se hacen en la construcción comunal. |

Cont. Anexo 2 Protocolos para la recolección de información de indicadores en la subcuenca Matanzas

| Indicador | | ¿Qué se mide? | ¿Cómo y con qué se mide? | ¿Dónde? | observaciones |
|--------------------------------|---|---|---|---------|---|
| CRITERIO: Accesibilidad | | | | | |
| Vías de comunicación | El tipo de caminos por los que se llega a la comunidad. | Simple observación del tipo de caminos. | Desde el centro poblado mas accesible "Purulhá" o "La Tinta" hacia cada comunidad | | |
| CRITERIO: Población | | | | | |
| Densidad poblacional | EL número de habitantes por kilómetro cuadrado | Conociendo el número de habitantes por comunidad y el área que ocupa esa comunidad. | Se calcula la densidad para cada comunidad. | | Datos de población estimados para el año 2001. Y para el área de cada comunidad datos del INE a escala 1:10,000 |
| CRITERIO: Educación | | | | | |
| Tasa de analfabetismo | El % de la población de 15 años y mas de edad que no sabe leer ni escribir | Se trabaja con datos oficiales publicados en 1996 del último censo nacional (1994). | Con datos de cada comunidad | | No se hicieron proyecciones para el año 2001. Por carecer de información de carácter oficial |
| Grado de escolaridad | Ei % de población de 7 años y mas de edad que ha alcanzado algún grado de escolaridad | Se trabaja con datos oficiales publicados en 1996 del último censo nacional (1994). | Con datos de cada comunidad | | |

Cont. Anexo 2 Protocolos para la recolección de información de indicadores en la subcuenca Matanzas

| Indicador | ¿Qué se mide? | ¿Cómo y con qué se mide? | ¿Dónde? | observaciones |
|---|---|---|---|---|
| CRITERIO: Servicios salud | | | | |
| Tipo de servicio | El tipo (hospital, centro o puesto de salud) y la capacidad del servicio de salud | Observación directa del tipo de servicio y la categoría de los mismo en cuanto a cobertura medica disponible. | En la comunidad o pueblo | el tipo de servicio implica la frecuencia con que este servicio se presta a la comunidad. |
| Acceso al servicio | La distancia (en tiempo y longitud) hacia el servicio de salud más cercano | Calculando la distancia que debe recorrer una persona para llegar al servicio. | Entre la comunidad y el servicio al cual asisten ellos. Los campesinos indican el tiempo necesario para llegar al servicio de salud | Se estiman los kilómetros a recorrer o el tiempo necesario para recorrer la distancia. |
| CRITERIO: Servicios de básicos | | | | |
| Energía eléctrica | Existencia del servicio y cobertura del mismo en la comunidad | Observación directa del tipo de servicio (presencia ausencia). | En la comunidad o pueblo | Se estima el porcentaje de casas que cuentan con el servicio |
| Agua potable | Existencia del servicio y cobertura del mismo en la comunidad | Observación directa del tipo de servicio (presencia ausencia). | En la comunidad o pueblo | Se estima el porcentaje de casas que cuentan con el servicio |
| Sistema de exposición de excretas (drenaje) | Existencia del servicio y cobertura del mismo en la comunidad | Observación directa del tipo de servicio (presencia ausencia). | En la comunidad o pueblo | Se estima el porcentaje de casas que cuentan con el servicio |

Cont. Anexo 2 Protocolos para la recolección de información de indicadores en la subcuenca Matanzas.

| Indicador | ¿Qué se mide? | ¿Cómo y con qué se mide? | ¿Dónde? | observaciones |
|--|--|---|--|---|
| CRITERIO: Eventos de origen natural o antrópico | | | | |
| Frecuencia de aparición | La periodicidad con que han aparecido los fenómenos en la comunidad | Por la entrevista al informante clave, ancianos de la comunidad y autoridades locales. | En la comunidad y en la Municipalidad | La mayoría de datos fueron proporcionados por los mismos miembros de la comunidad |
| Tipo de daño causado | Los sectores de la población (vidas humanas, cultivos, infraestructura) que afectó la presencia del fenómeno | Por entrevista a los informantes claves y los miembros de la comunidad | En la comunidad, con reunión de los miembros de la comunidad. | Los pobladores hacen un recuento y estimación de los daños totales |
| CRITERIO: Tipo de amenaza latente | | | | |
| Amenaza a sismos | Si una comunidad está bajo amenaza a sismos y en que nivel de riesgo se encuentra | De acuerdo a mapa de riesgo de sismos, ubicando cada comunidad dentro del mismo. | Con datos publicados para toda la cuenca | Los niveles de riesgo a sismos han sido establecidos para todo el país. |
| Amenaza a deslizamientos. | Si una comunidad esta bajo amenaza a un deslizamiento, | Se estima la distancia a la amenaza, la ubicación de la comunidad respecto a la amenaza y el grado de pendiente que existe entre la amenaza y la comunidad. Se hace uso de SIG. | En toda la cuenca, con mapas de comunidades, pendientes y amenazas | Las amenazas a deslizamientos fueron determinados por la consultora Madre Tierra-Guatemala. |

Cont. Anexo 2 . Protocolos para la recolección de información de indicadores en la subcuenca Matanzas.

| Indicador | ¿Qué se mide? | ¿Cómo y con qué se mide? | ¿Dónde? | observaciones |
|--|---|---|--|---|
| CRITERIO: Ecosistemas | | | | |
| cobertura de la tierra | El tipo de cobertura que tienen los polígonos donde se ubican las comunidades | Se estima el tipo de cobertura que cubre a cada comunidad. Se mide el porcentaje por tipo de cobertura en cada comunidad se calcula un índice de cobertura para cada comunidad. Se hace uso de SIG | En toda la cuenca, pero principalmente en las áreas que corresponde a las comunidades. | Las áreas de las comunidades no significan áreas urbanas, sino áreas con casas y cultivos a los alrededores. |
| Intensidad de uso de la tierra | El tipo de uso de la tierra en cada comunidad de la cuenca. | Cuantificando el porcentaje de cada uso de la tierra, y calculando un índice de intensidad de uso de la tierra. Usando SIG como herramienta | En el área que ocupa cada comunidad dentro de la cuenca. | Se considera a la intensidad del uso de la tierra, como un elemento que varía el riesgo, y no tanto como un uso enfocado hacia la productividad de la tierra. |
| CRITERIO: Preparación al riesgo | | | | |
| Organización comunitaria | El tipo de organización que se tiene en la comunidad | A través del informante clave, y las reuniones con las comunidades locales, confirman la información. | En la comunidad y en la Municipalidad | La participación dentro de la organización se observa al momento de recabar la información. |

Anexo 3 Número de comunidades y niveles de vulnerabilidad y amenazas por indicador

Indicadores de vulnerabilidad física

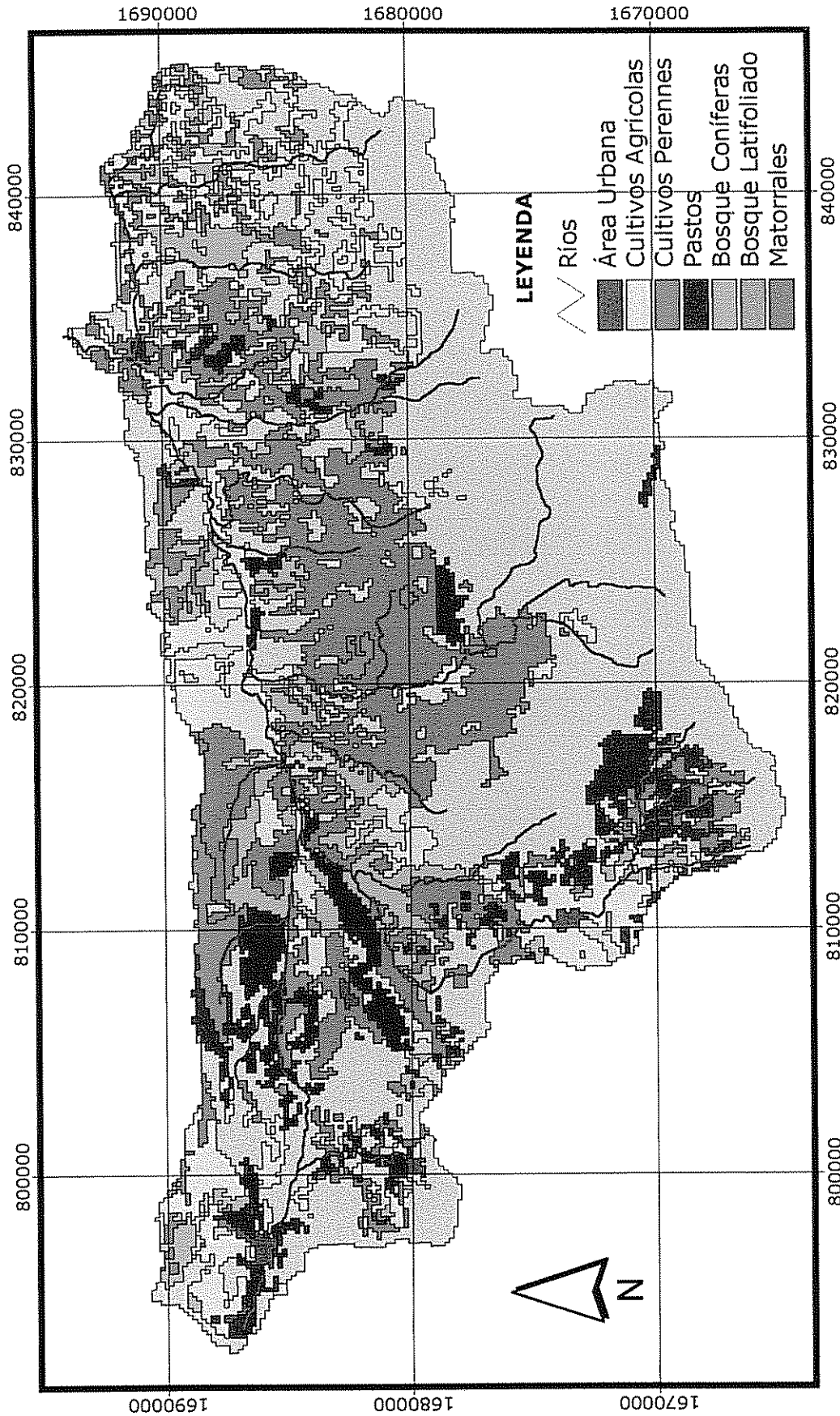
| Nivel de vulnerabilidad Física | Vulnerabilidad Baja | Vulnerabilidad Media | Vulnerabilidad Alta |
|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Indicador evaluado | | | |
| Tipo de vivienda | 5 | 34 | 62 |
| Ubicación de la vivienda | 51 | 30 | 20 |
| Tipo de Construcción Comunal | 51 | 26 | 24 |
| Ubicación de construcción comunal | 96 | 4 | 1 |
| Vías de comunicación | 7 | 59 | 35 |

Indicadores de vulnerabilidad social

| Nivel de vulnerabilidad social | Vulnerabilidad Baja | Vulnerabilidad Media | Vulnerabilidad Alta |
|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Indicador evaluado | | | |
| Densidad Poblacional | 85 | 9 | 7 |
| Porcentaje analfabetismo | 6 | 12 | 83 |
| Grado de Escolaridad | 0 | 3 | 98 |
| Tipo de Servicio de Salud | 26 | 75 | 0 |
| Acceso al Servicio de Salud | 46 | 14 | 41 |
| Cobertura de electricidad | 33 | 3 | 65 |
| Cobertura de Agua potable | 33 | 36 | 32 |
| Drenaje (deposición de excretas) | 86 | 14 | 1 |

Indicadores del grado de amenaza

| Nivel de Amenaza | Amenaza Baja | Amenaza Media | Amenaza Alta |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Indicador evaluado | | | |
| Frecuencia de aparición de fenom. | 97 | 4 | 0 |
| Tipo de daño causado por fenom. | 80 | 17 | 4 |
| Amenaza a sismos | 0 | 93 | 8 |
| Amenaza a deslizamientos | 80 | 4 | 17 |
| Cobertura de la tierra | 40 | 43 | 18 |
| Intensidad de uso de la tierra | 4 | 45 | 52 |

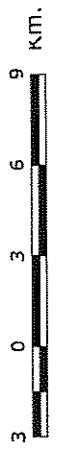


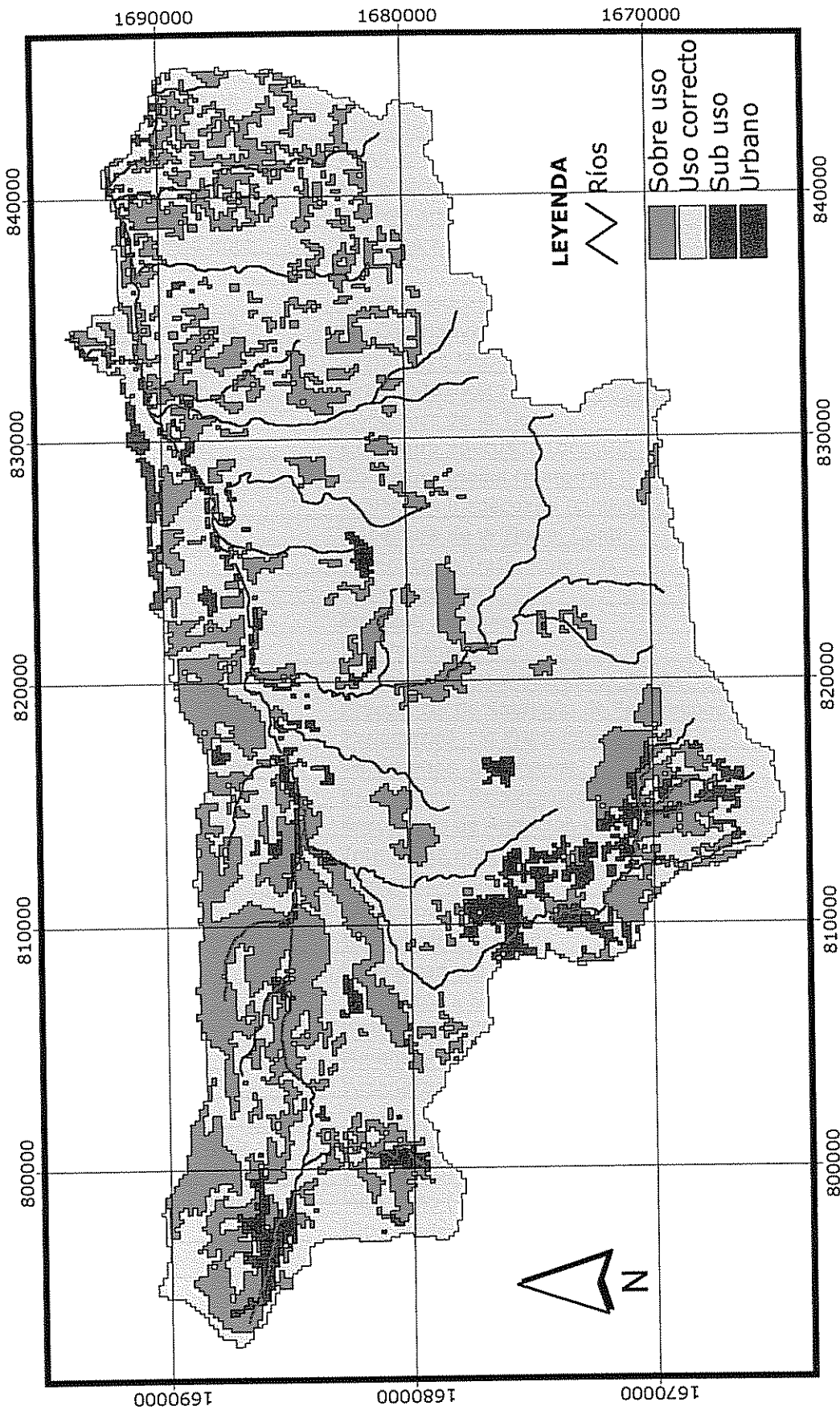
Anexo 4 Cobertura de la tierra en la subcuenca Matanzas.



Tesis de Maestría M.S. Buch
Costa Rica, Diciembre del 2001

Fotointerpretación de Georecursos.
CARE, Coban, Marzo 2001.





Anexo 5 Intensidad de uso de la tierra de la subcuenca Matanzas.

Anexo 6 Lista y descripción de las características de la tierra usadas en ALES

| Código | | Nombre de la clase | Límites |
|-----------|----------|---|---------|
| Amez12 | | Características de los Fenómenos | 3 |
| 1 | No ame | No hay amenaza de Fenómeno | |
| 2 | Med ame | Mediana amenaza a Fenómeno | |
| 3 | Gran ame | Gran Amenaza a Fenómeno | |
| Amez34 | | Características de las Amenaza | 3 |
| 1 | No ame | No hay amenazas | |
| 2 | Med ame | Mediana amenaza | |
| 3 | Gran ame | Gran Amenaza | |
| Amez56 | | Características del Ecosistema | 3 |
| 1 | No ame | No Contribuye a las ame | |
| 2 | Med ame | Contribuye Medianamente | |
| 3 | Gran ame | Gran Influencia Sobre A | |
| AmezCo5/C | | Cobertura de la Tierra | 3% |
| 1 | adec | Cobertura adecuada (bosque) | 0.33 |
| 2 | regu | Cobertura media (matorral) | 0.66 |
| 3 | mala | Cobertura inadecuada (cultivos de labranza) | 1 |
| AmezCo5/C | | Cobertura de la Tierra_Conti | |
| AmezDe4/C | | Amenazas a Deslizamientos | 3% |
| 1 | No ame | Baja Amenaza | 0.33 |
| 2 | Med ame | Mediana Amenaza | 0.66 |
| 3 | Alta ame | Alta Amenaza | 1 |
| AmezDe4/C | | Amenazas a Deslizamientos_Cont | |
| AmezFA1/C | | Frecuencia de Aparición de Fenómenos | 3% |
| 1 | No Frec | Fenómenos No Frecuentes | 0.33 |
| 2 | Med Frec | Fenómenos Eventuales | 0.66 |
| 3 | Muy Frec | Fenómenos Recurrentes | 1 |
| AmezFA1/C | | Frecuencia de Aparición de Fenómenos | |
| AmezIn6/C | | Intensidad del Uso de la Tierra | 3% |
| 1 | sub | Suelo Sub-utilizado | 0.33 |
| 2 | correc | Uso Correcto del Suelo | 0.66 |
| 3 | sobre | Suelo Sobre-utilizado | 1 |
| AmezIn6/C | | Intensidad del Uso de la Tierra | |
| AmezSi3/C | | Amenazas a Sismos | 2% |
| 1 | Medio | Amenaza Media | 0.51 |
| 2 | alto | Amenaza Alta | 1 |
| AmezSi3/C | | Amenazas a Sismos_Conti | |
| AmezTD2/C | | Tipo de Daño causado por Fenómenos | |
| 1 | No daño | Ningún daño | 0.33 |
| 2 | Med daño | Mediano daño (un componentes) | 0.66 |
| 3 | Alt daño | Alto daño (+1 componente) | 1 |
| AmezTD2/C | | Tipo de daño causado por Fenómenos | |

Anexo 6 Lista y descripción de las características de la tierra usadas en ALES

| Código | | Nombre de la clase | Límites |
|-----------|---------|---------------------------------|---------|
| Mod23 | | Caracteris/influenc_ ecosist va | 2 |
| 1 | Incre | Man_Eco_Incrementan Rie | |
| 2 | Manti | Man_Eco_Mantienen Riesg | |
| ModCo2/C | | Influencia de la Cobertura de | 2% ' |
| 1 | Incre | Incrementa Riesgo | 0.5 |
| 2 | Mant | Mantiene Riesgo | 1 |
| ModCo2/C | | Influencia de la Cobertura de | 0% |
| ModIn3/C | | Influencia de Intensidad de uso | 2% |
| 1 | Incre | Incrementa Riesgo | 0.5 |
| 2 | Mant | Mantiene Riesgo | 1 |
| ModIn3/C | | Influencia de Intensidad de uso | 0% |
| ModOr1/C | | Organización comunitaria | 2% |
| 1 | Incre | Poca Organización | 0.5 |
| 2 | Mant | Adecuada Organización | 1 |
| ModOr1/C | | Organización Comunitaria_ Conti | 0% |
| VFis12 | | Características de Vivienda | 3 |
| 1 | No Vul | No Vulnerable | |
| 2 | Med Vul | Medianamente Vulnerable | |
| 3 | Vulne | Vulnerable | |
| VFis34 | | Características de las Constru | 3 |
| 1 | No Vul | No Vulnerable | |
| 2 | Med Vul | Medianamente Vulnerable | |
| 3 | Vulne | Vulnerable | |
| VFisTC3/C | | Tipo de Construcción Comunal | 3% |
| 1 | No Vul | No Vulnerable (Block) | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Medianamente Vulnerable | 0.66 |
| 3 | Vulne | Vulnerable (No hay) | 1 |
| VFisTC3/C | | Tipo de Construcción Comunal_ C | 0% |
| VFisTV1/C | | Tipo de Vivienda | 3% |
| 1 | No Vul | No Vulnerable (Block) | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Medianamente Vulnerable | (.66 |
| 3 | Vulne | Vulnerable (tanil) | 1 |
| VFisTV1/C | | Tipo de Vivienda_ Conti | 0% |
| VFisUC4/C | | Ubicación de la Construcción C | 3% |
| 1 | No Vul | Cercano a Viviendas | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Distancia Media a Vivienda | nd .66 |
| 3 | Vulne | Alejado de Viviendas | 1 |
| VFisUC4/C | | Ubicación de la Construcción C | 0% |

Cont. Anexo 6 Lista y descripción de las características de la tierra usadas en ALES

| Código | | Nombre de la clase | Límites |
|------------|---------|--------------------------------|---------|
| VFisUv2/C | | Ubicación de Vivienda | 3% |
| 1 | No Vul | Lejos de la amenaza | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Distancia Media a amena | 0.66 |
| 3 | Vulne | Cercano a la amenaza | 1 |
| VFisUv2/C | | Ubicación de Vivienda_Conti | 0% |
| VFisVC5/C | | Vías de Comunicación | 3% |
| 1 | Buen | Buena Carretera | 0.5 |
| 2 | Regu | Carretera Cercana | 0.75 |
| 3 | Mal | Carretera Alejada | 1 |
| VFisVC5/C | | Vías de Comunicación_Conti | 0% |
| VSoc23 | | Características de Educación | 3 |
| 1 | No Vul | Educación adecuada | |
| 2 | Med Vul | Mediana Educación | |
| 3 | Vulne | Poca Educación | |
| VSoc45 | | Características de Servicio de | 3 |
| 1 | No Vul | No Vulnerable | |
| 2 | Med Vul | Medianamente Vulnerable | |
| 3 | Vulne | Vulnerable | |
| VSoc678 | | Características de Servicios B | 3 |
| 1 | No Vul | No Vulnerable | |
| 2 | Med Vul | Medianamente Vulnerable | |
| 3 | Vulne | Vulnerable | |
| VSocASS5/C | | Acceso al Servicio de Salud | 3% |
| 1 | Cer | Cercano a la comunidad | 0.33 |
| 2 | Med | Medianamente distanci | 0.66 |
| 3 | Lej | Alejado de la comunidad | 1 |
| VSocASS5/C | | Acceso al Servicio de Salud_Co | 0% |
| VSocAg7/C | | Cobertura de Agua Potable | 3% |
| 1 | No Vul | Agua Potable | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Agua Entubada | 0.66 |
| 3 | Vulne | No poseen Agua Potable | 1 |
| VSocAg7/C | | Cobertura de Agua Potable_Cont | 0% |
| VSocAn2/C | | Analfabetismo | 3% |
| 1 | No Vul | No Vulnerable | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Mediana Vulnerabilidad | 0.66 |
| 3 | Vulne | Vulnerable | 1 |
| VSocAn2/C | | Analfabetismo_Conti | 0% |
| VSocDP1/C | | Densidad Poblacional | 3% |
| 1 | No Vul | No vulnerable | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Medianamente vulnerable | 0.66 |
| 3 | Vulne | Vulnerable | 1 |
| VSocDP1/C | | Densidad Poblacional_Conti | 0% |

Cont. Anexo 6 Lista y descripción de las características de la tierra usadas en ALES

| código | | Nombre de la clase | Límites |
|------------|---------|--------------------------------|---------|
| VSocDr8/C | | Drenaje (Sis. Deposición excre | 3% |
| 1 | No Vul | Letrinas/Drenajes | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Algunas Letrinas | 0.66 |
| 3 | Vulne | Deposición Aire Libre | 1 |
| VSocDr8/C | | Drenaje (Sis. Deposición excre | 0% |
| VSocEI6/C | | Cobertura de El,ctricidad | 3% |
| 1 | No Vul | Cobertura +50% | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Cobertura -50% | 0.66 |
| 3 | Vulne | Ninguna Cobertura | 1 |
| VSocEI6/C | | Cobertura de El,ctricidad_Cont | 0% |
| VSocEs3/C | | Grado de Escolaridad | 3% |
| 1 | No Vul | No Vulnerable | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Mediana Vulnerabilidad | 0.66 |
| 3 | Vulne | Vulnerable | 1 |
| VSocEs3/C | | Grado de Escolaridad_Conti | 0% |
| VSocTSS4/C | | Tipo de Servicio de Salud | 3% |
| 1 | No Vul | No Vulnerable | 0.33 |
| 2 | Med Vul | Mediana Vulnerabilidad | 0.66 |
| 3 | Vulne | Vulnerable | 1 |
| VSocTSS4/C | | Tipo de Servicio de Salud_Cont | 0% |

Anexo 7. Datos de índices de vulnerabilidad social ingresados a ALES para cada UC

| UC | VSocDP1 | VSocAn2 | VSocEs3 | VSocISS4 | VSocASS5 | VSocEI6 | VSocAg7 | VSocDr8 |
|-----|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|
| ATE | 0.03 | 0.95 | 0.98 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| BAL | 0.07 | 0.88 | 0.98 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| BRE | 0.22 | 0.86 | 0.92 | 0.5 | 0.75 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| CAC | 0.08 | 0.95 | 0.99 | 0.5 | 0.25 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| CAL | 0.16 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 | 1 |
| CAM | 0.15 | 0.83 | 0.89 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| CQA | 0.3 | 0.99 | 1 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| CQB | 0.05 | 0.85 | 0.95 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| COM | 0.71 | 0.53 | 0.75 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0 | 0.33 |
| CIN | 0.05 | 0.81 | 0.94 | 0.5 | 1 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| CHA | 0.44 | 0.97 | 0.99 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 0.66 |
| CHQ | 0.82 | 0.8 | 0.89 | 0.5 | 0.75 | 1 | 1 | 0.33 |
| CHT | 0.03 | 1 | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| CHJ | 0.19 | 0.99 | 0.99 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.75 | 0.66 |
| CHY | 0.21 | 0.55 | 0.81 | 0.25 | 0.25 | 0.33 | 0 | 0.33 |
| CHL | 0.9 | 0.25 | 0.73 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0.33 |
| CHG | 0.15 | 0.72 | 0.91 | 0.25 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.33 |
| EBE | 0.35 | 0.82 | 0.9 | 0.25 | 0.5 | 1 | 1 | 0.66 |
| EAS | 0.25 | 0.59 | 0.87 | 0.25 | 0.25 | 0 | 0 | 0.33 |
| ECA | 0.02 | 1 | 0.95 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| ECP | 0.13 | 0.67 | 0.86 | 0.5 | 0.25 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| ECR | 0.1 | 0.2 | 0.56 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 0.33 |
| EES | 0.06 | 0.95 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.66 |
| EHO | 0.11 | 0.63 | 0.8 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 0.33 |
| EMZ | 0.28 | 0.72 | 0.88 | 0.25 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| EMG | 0.01 | 0.82 | 0.91 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| EZP | 0.69 | 0.78 | 0.95 | 0.5 | 0.75 | 0.66 | 0.75 | 0.33 |
| FLO | 0.09 | 0 | 0.44 | 0.25 | 0.25 | 0.66 | 0.5 | 0.33 |
| GUX | 0.01 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| HEL | 0.04 | 0.83 | 0.97 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| JAL | 0.1 | 0.97 | 0.99 | 0.5 | 1 | 1 | 0.25 | 0.33 |
| JOL | 0.09 | 0.76 | 0.81 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| LCO | 0.17 | 0.92 | 1 | 0.5 | 0.75 | 1 | 1 | 0.33 |
| LCM | 0.03 | 0.33 | 0.63 | 0.25 | 0.25 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| LCU | 0.12 | 0.87 | 0.96 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| LES | 0.02 | 0.92 | 0.97 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| LPI | 0.09 | 0.86 | 0.95 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0 | 0.33 |
| LUB | 0.33 | 0.33 | 0.67 | 0.25 | 0.5 | 0 | 0 | 0.33 |
| LFL | 0.04 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0 | 0.66 |
| GAV | 0.02 | 1 | 1 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.75 | 0.66 |
| LPN | 0.06 | 0.82 | 0.92 | 0.5 | 0.75 | 1 | 1 | 0.33 |
| MAT | 0.04 | 0.95 | 0.98 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 0.66 |
| MAY | 0.16 | 0.83 | 0.87 | 0 | 0.25 | 1 | 0.25 | 0.33 |

Anexo 7. Datos de índices de vulnerabilidad social ingresados a ALES para cada UC

| UC | VSocDP1 | VSocAn2 | VSocEs3 | VSocTSS4 | VSocASS5 | VSocE16 | VsocAg7 | VSocDr8 |
|-----|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|
| MAX | 0.07 | 0.93 | 0.98 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| MOC | 0.37 | 0.56 | 0.79 | 0.25 | 0.25 | 0 | 0 | 0.33 |
| MOJ | 0.05 | 0.74 | 0.96 | 0.5 | 0 | 1 | 1 | 0.33 |
| MNB | 0.03 | 0.92 | 0.99 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.25 | 0.33 |
| MNV | 0.09 | 0.96 | 0.98 | 0.5 | 0.25 | 1 | 1 | 0.66 |
| MOX | 0.04 | 0.99 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| MUL | 0.1 | 0.9 | 0.99 | 0.5 | 0.25 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| OLI | 0.04 | 0.92 | 0.97 | 0.5 | 0.25 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| ORE | 0.16 | 0.83 | 0.9 | 0.5 | 0.75 | 0.33 | 0 | 0.33 |
| PAC | 0.05 | 0.93 | 0.99 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.66 |
| PAM | 0.08 | 0.84 | 0.94 | 0.5 | 0 | 1 | 1 | 0.33 |
| PAY | 0.08 | 0.82 | 0.98 | 0.5 | 1 | 1 | 1 | 0.33 |
| PAJ | 0.05 | 0.96 | 0.99 | 0.5 | 0.25 | 0.66 | 0.75 | 0.33 |
| PAL | 0.08 | 0.9 | 0.95 | 0 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| PCH | 0.14 | 0.83 | 0.97 | 0.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| PNI | 0.11 | 0.88 | 0.92 | 0.5 | 0 | 0.33 | 0.75 | 0.33 |
| PAQ | 0.1 | 0.7 | 0.85 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| PAS | 0.37 | 0.82 | 0.91 | 0.5 | 0 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| PAG | 0.05 | 0.63 | 0.83 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 1 | 0.33 |
| POR | 0.6 | 0.58 | 0.85 | 0.25 | 0.25 | 0.33 | 0 | 0.33 |
| PQT | 0.04 | 0.82 | 0.91 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0 | 0 |
| PVI | 0.91 | 0.85 | 0.89 | 0 | 0.25 | 0 | 0.5 | 0.33 |
| PUR | 0.63 | 0.38 | 0.67 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| REA | 0.03 | 0.79 | 0.91 | 0.25 | 0.75 | 1 | 1 | 0.33 |
| REB | 0.09 | 0.83 | 0.93 | 0.25 | 0.5 | 1 | 0.75 | 0.66 |
| RIB | 0.06 | 1 | 1 | 0.5 | 0 | 1 | 0 | 0.33 |
| RCO | 0.29 | 0.63 | 0.83 | 0.25 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| SAC | 0.07 | 0.86 | 0.93 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.25 | 0.33 |
| SAT | 0.04 | 0.64 | 0.83 | 0.25 | 0.5 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| SAL | 0.05 | 0.79 | 0.96 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SMA | 1 | 0.77 | 0.93 | 0.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SMB | 0.02 | 0.97 | 0.99 | 0 | 1 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| STN | 0.23 | 0.98 | 1 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SFA | 0.03 | 0.84 | 0.97 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SGI | 0.18 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SJO | 0.08 | 0.82 | 0.94 | 0.25 | 0.5 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SLU | 0.03 | 0.88 | 0.97 | 0.25 | 0 | 1 | 1 | 0.33 |
| SPA | 0.07 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SRA | 0.07 | 0.85 | 0.98 | 0.5 | 0.25 | 1 | 0.5 | 0.66 |
| SIN | 0.77 | 0.71 | 0.86 | 0.5 | 0.75 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| SCA | 0.44 | 0.82 | 0.89 | 0 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SCR | 0.36 | 0.33 | 0.71 | 0.25 | 0.25 | 0 | 0.25 | 0.33 |
| SLC | 0.08 | 0.63 | 0.83 | 0.5 | 0.5 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |

Anexo 7. Datos de índices de vulnerabilidad social ingresados a ALES para cada UC

| UC | VSocDP1 | VSocAn2 | VSocEs3 | VSocTSS4 | VSocASS5 | VSocEI6 | VSocAg7 | VSocDr8 |
|-----|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|
| STM | 0.07 | 0.71 | 0.83 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| STR | 0.14 | 0.67 | 0.79 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| SDA | 0.54 | 0.78 | 0.88 | 0.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| SDB | 0.12 | 0.97 | 1 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| SDC | 0.07 | 0.99 | 1 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| SIB | 0.03 | 0.96 | 1 | 0.5 | 0.5 | 1 | 0.75 | 0.66 |
| SNJ | 0.16 | 0.82 | 0.92 | 0.5 | 0 | 1 | 1 | 0.66 |
| SUL | 0.04 | 0.84 | 0.96 | 0.25 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| SUQ | 0.04 | 0.78 | 0.96 | 0.25 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.33 |
| TIX | 0.03 | 0.82 | 0.92 | 0.5 | 1 | 1 | 0.5 | 0.33 |
| TAG | 0.01 | 0.67 | 1 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.5 | 0.33 |
| TCR | 0.16 | 0.71 | 0.86 | 0.5 | 0.25 | 0.33 | 0.25 | 0.66 |
| WAS | 0.09 | 0.5 | 0.81 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| WES | 0.04 | 0.97 | 0.99 | 0.5 | 0.25 | 1 | 0.75 | 0.33 |
| XOM | 0.1 | 0.94 | 0.96 | 0.5 | 0.75 | 1 | 0.5 | 0.33 |

Anexo 8 Datos de índices de vulnerabilidad física ingresados a ALES para cada UC

| Uc | VfIsTp1 | VfIsUv2 | VfIsUc3 | VfIsUc4 | VfIsVc5 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
| ATE | 0.80 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| BAL | 0.90 | 0.00 | 1.00 | 0.66 | 0.50 |
| BRE | 0.65 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| CAC | 0.80 | 0.00 | 1.00 | 0.66 | 0.50 |
| CAL | 0.85 | 0.00 | 1.00 | 0.66 | 0.50 |
| CAM | 0.60 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| CQA | 0.65 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| CQB | 0.65 | 0.66 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| COM | 0.40 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| CIN | 0.70 | 0.66 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| CHA | 0.80 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| CHQ | 0.85 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| CHT | 0.70 | 0.66 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| CHJ | 0.65 | 0.66 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| CHY | 0.40 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| CHL | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| CHG | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| EBE | 0.65 | 0.66 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| EAS | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| ECA | 0.75 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| ECP | 0.60 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| ECR | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.00 |
| EES | 0.85 | 0.66 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| EHO | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| EMZ | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| EMG | 0.80 | 0.33 | 1.00 | 0.33 | 1.00 |
| EZP | 0.80 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| FLO | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| GUX | 0.85 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| HEL | 0.85 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| JAL | 0.85 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| JOL | 0.70 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| LCO | 0.85 | 0.66 | 1.00 | 0.33 | 0.75 |
| LCM | 0.50 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| LCU | 0.70 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| LES | 0.80 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| LPI | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| LUB | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| LFL | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| GAV | 0.85 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.75 |
| LPN | 0.72 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.75 |
| MAT | 0.70 | 0.66 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| MAY | 0.63 | 0.66 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| MAX | 0.75 | 0.33 | 1.00 | 0.66 | 0.50 |

Anexo 8 Datos de índices de vulnerabilidad física ingresados a ALES para cada UC

| UC | VfIsIP1 | VfIsUV2 | VfIsIC3 | VfIsUC4 | VfIsVc5 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
| MOC | 0.40 | 0.33 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| MOJ | 0.68 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| MNB | 0.80 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| MNV | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| MOX | 0.85 | 0.33 | 1.00 | 0.33 | 1.00 |
| MUL | 0.40 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| OLI | 0.95 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| ORE | 0.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PAC | 0.95 | 0.33 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| PAM | 0.70 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PAY | 0.95 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |
| PAJ | 0.66 | 0.33 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| PAL | 0.90 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| PCH | 0.70 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PNI | 0.78 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PAQ | 0.80 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PAS | 0.60 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PAG | 0.85 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| POR | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PQT | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PVI | 0.65 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| PUR | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| REA | 0.75 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.75 |
| REB | 0.70 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.00 |
| RIB | 0.85 | 0.33 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| RCO | 0.45 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SAC | 0.83 | 0.66 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |
| SAT | 0.70 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SAL | 0.85 | 1.00 | 1.00 | 0.33 | 1.00 |
| SMA | 0.65 | 0.33 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |
| SMB | 0.70 | 1.00 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |
| STN | 0.60 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| SFA | 0.65 | 0.66 | 1.00 | 0.33 | 1.00 |
| SJI | 0.85 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| SJO | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SLU | 0.70 | 1.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| SPA | 0.85 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 1.00 |
| SRA | 0.70 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SIN | 0.60 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SCA | 0.88 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SCR | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SLC | 0.65 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| STM | 0.56 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| STR | 0.65 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SDA | 0.85 | 1.00 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |

Anexo 8 Datos de índices de vulnerabilidad física ingresados a ALES para cada UC

| UC | VfisiUv1 | VfisiUv2 | VfisiUv3 | VfisiUv4 | VfisiUv5 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| SDB | 0.65 | 1.00 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |
| SDC | 0.65 | 1.00 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |
| SIB | 0.75 | 1.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| SNJ | 0.75 | 1.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 |
| SUL | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SUQ | 0.70 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| TIX | 0.80 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| TAG | 0.80 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |
| TCR | 0.65 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| WAS | 0.75 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.75 |
| WES | 0.75 | 0.66 | 0.00 | 0.00 | 0.75 |
| XOM | 0.85 | 0.00 | 1.00 | 0.33 | 0.50 |

Anexo 9 Datos de índices del grado de amenaza ingresados a ALES para cada UC

| UC | AmezI1 | AmezI2 | AmezI3 | AmezDe4 | AmezCo5 | AmezIn6 |
|-----|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| ATE | 0.50 | 0.20 | 0.50 | 0.83 | 0.14 | 0.59 |
| BAL | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.59 | 0.81 |
| BRE | 0.33 | 0.00 | 0.50 | 0.83 | 0.33 | 0.84 |
| CAC | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.17 | 0.45 |
| CAL | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.69 | 0.71 |
| CAM | 0.33 | 0.00 | 0.50 | 0.50 | 0.36 | 1.00 |
| CQA | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.00 | 0.66 | 0.76 |
| COB | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.00 | 0.41 | 0.70 |
| COM | 0.17 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.42 | 0.80 |
| CIN | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.00 | 0.30 | 0.57 |
| CHA | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.11 | 0.50 |
| CHQ | 0.17 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.67 | 1.00 |
| CHT | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.15 | 0.68 |
| CHJ | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.83 | 0.28 | 0.90 |
| CHY | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.05 | 0.53 |
| CHL | 0.17 | 0.20 | 1.00 | 0.00 | 0.56 | 0.52 |
| CHG | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| EBE | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| EAS | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.61 | 0.93 |
| ECA | 0.17 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.61 | 0.70 |
| ECP | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.41 | 0.97 |
| ECR | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.07 | 0.17 |
| EES | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.24 | 0.58 |
| EHO | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.36 | 0.67 |
| EMZ | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.72 | 0.82 |
| EMG | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.17 | 0.54 |
| EZP | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 1.00 | 0.00 | 0.50 |
| FLO | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 |
| GUX | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.33 | 0.90 |
| HEL | 0.17 | 1.00 | 0.50 | 0.83 | 0.56 | 0.66 |
| JAL | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.50 | 0.63 |
| JOL | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.39 | 0.53 |
| LCO | 0.33 | 0.80 | 0.50 | 0.33 | 0.69 | 1.00 |
| LCM | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.59 | 0.36 |
| LCU | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.41 | 1.00 |
| LES | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.33 | 0.37 | 0.60 |
| LPI | 0.33 | 0.20 | 0.50 | 0.83 | 0.38 | 0.65 |
| LUB | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.14 | 0.40 |
| LFL | 0.33 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.13 | 0.50 |
| GAV | 0.33 | 0.20 | 0.50 | 0.17 | 0.98 | 0.84 |
| LPN | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 0.64 |
| MAT | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.00 | 0.49 | 0.63 |
| MAY | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.25 | 0.28 |
| MAX | 0.17 | 0.00 | 0.50 | 0.33 | 0.47 | 0.95 |
| MOC | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.79 | 0.90 |

Anexo 9 Datos de índices del grado de amenaza ingresados a ALES para cada UC

| UC | AmezA1 | AmezD2 | AmezS3 | AmezDa4 | AmezCo5 | AmezIn6 |
|-----|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| MOJ | 0.33 | 0.20 | 0.50 | 0.83 | 0.61 | 0.71 |
| MNB | 0.33 | 0.40 | 0.50 | 0.50 | 0.27 | 0.57 |
| MNV | 0.33 | 0.20 | 0.50 | 0.33 | 0.31 | 0.96 |
| MOX | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.83 | 0.35 | 0.53 |
| MUL | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.50 | 0.96 | 0.68 |
| OLI | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.57 | 0.62 |
| ORE | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.46 | 1.00 |
| PAC | 0.17 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.30 | 0.65 |
| PAM | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.83 | 0.38 | 0.63 |
| PAY | 0.33 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 1.00 | 1.00 |
| PAJ | 0.17 | 0.80 | 0.50 | 0.00 | 0.31 | 0.50 |
| PAL | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.83 | 0.61 | 0.81 |
| PCH | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.33 | 0.37 | 0.79 |
| PNI | 0.33 | 0.00 | 0.50 | 0.83 | 0.30 | 0.46 |
| PAQ | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.73 | 0.89 |
| PAS | 0.33 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.33 | 1.00 |
| PAG | 0.50 | 0.20 | 0.50 | 0.83 | 0.44 | 0.91 |
| POR | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.27 | 0.64 |
| PQT | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.59 | 0.95 |
| PVI | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.50 | 0.85 | 0.88 |
| PUR | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.27 | 0.48 |
| REA | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.41 | 0.70 |
| REB | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.66 | 0.88 |
| RIB | 0.50 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.32 | 0.54 |
| RCO | 0.33 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.30 | 0.21 |
| SAC | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.33 | 0.39 | 0.51 |
| SAT | 0.17 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.43 | 0.71 |
| SAL | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.83 | 0.42 | 0.96 |
| SMA | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.82 | 1.00 |
| SMB | 0.17 | 0.60 | 0.50 | 0.83 | 0.60 | 0.72 |
| STN | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.17 | 0.54 | 0.72 |
| SFA | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.33 | 0.21 | 0.60 |
| SGI | 0.17 | 0.20 | 1.00 | 0.00 | 0.32 | 0.75 |
| SJO | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.39 | 0.56 |
| SLU | 0.33 | 0.20 | 0.50 | 0.33 | 0.40 | 0.93 |
| SPA | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.32 | 0.50 |
| SRA | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.33 | 0.61 | 0.83 |
| SIN | 0.33 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.33 | 1.00 |
| SCA | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| SCR | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.81 | 0.28 |
| SLC | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.40 | 0.99 |
| STM | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.56 | 0.56 |
| STR | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.17 | 0.73 |
| SDA | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.17 | 0.73 | 0.60 |
| SDB | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.17 | 0.21 | 0.50 |

Anexo 9 Datos de índices del grado de amenaza ingresados a ALES para cada UC

| UC | AmezFA1 | AmezID2 | AmezSIB | AmezDe4 | AmezCo5 | AmezIn6 |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SDC | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.00 | 0.30 | 0.64 |
| SIB | 0.50 | 1.00 | 0.50 | 0.83 | 0.32 | 0.61 |
| SNJ | 0.17 | 0.40 | 0.50 | 0.33 | 0.20 | 0.51 |
| SUL | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.34 | 0.58 |
| SUQ | 0.33 | 0.20 | 0.50 | 0.00 | 0.88 | 0.93 |
| TIX | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.01 | 0.50 |
| TAG | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.67 | 1.00 |
| TCR | 0.17 | 0.60 | 0.50 | 0.00 | 0.41 | 0.92 |
| WAS | 0.17 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.25 | 0.36 |
| WES | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 0.83 | 0.51 | 0.72 |
| XOM | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.83 | 0.85 | 0.81 |

Anexo 10 Datos de índices modificadores del riesgo ingresados a ALES

| UIC | ModDr1 | ModCo2 | ModIns |
|-----|--------|--------|--------|
| ATE | 0.67 | 0.86 | 0.41 |
| BAL | 0.67 | 0.41 | 0.19 |
| BRE | 0.34 | 0.67 | 0.16 |
| CAC | 0.34 | 0.83 | 0.55 |
| CAL | 0.67 | 0.31 | 0.29 |
| CAM | 0.67 | 0.64 | 0.00 |
| CQA | 0.67 | 0.34 | 0.24 |
| CQB | 0.67 | 0.59 | 0.30 |
| COM | 0.67 | 0.58 | 0.20 |
| CIN | 0.67 | 0.70 | 0.43 |
| CHA | 1.00 | 0.89 | 0.50 |
| CHQ | 0.67 | 0.33 | 0.00 |
| CHT | 0.67 | 0.85 | 0.32 |
| CHJ | 0.67 | 0.72 | 0.10 |
| CHY | 0.67 | 0.95 | 0.47 |
| CHL | 0.67 | 0.44 | 0.48 |
| CHG | 0.67 | 1.00 | 0.50 |
| EBE | 0.67 | 1.00 | 0.50 |
| EAS | 0.67 | 0.39 | 0.07 |
| ECA | 0.67 | 0.39 | 0.30 |
| ECP | 0.67 | 0.59 | 0.03 |
| ECR | 0.67 | 0.93 | 0.83 |
| EES | 0.67 | 0.76 | 0.42 |
| EHO | 0.00 | 0.64 | 0.33 |
| EMZ | 0.67 | 0.28 | 0.18 |
| EMG | 0.67 | 0.83 | 0.46 |
| EZP | 0.34 | 1.00 | 0.50 |
| FLO | 0.34 | 0.00 | 0.00 |
| GUX | 0.67 | 0.67 | 0.10 |
| HEL | 1.00 | 0.44 | 0.34 |
| JAL | 0.67 | 0.50 | 0.37 |
| JOL | 0.67 | 0.61 | 0.47 |
| LCO | 0.34 | 0.31 | 0.00 |
| LCM | 0.00 | 0.41 | 0.64 |
| LCU | 0.67 | 0.59 | 0.00 |
| LES | 0.67 | 0.63 | 0.40 |
| LPI | 1.00 | 0.62 | 0.35 |
| LUB | 0.67 | 0.86 | 0.60 |
| LFL | 0.67 | 0.87 | 0.50 |
| GAV | 0.67 | 0.02 | 0.16 |
| LPN | 0.34 | 0.00 | 0.36 |
| MAT | 0.67 | 0.51 | 0.37 |
| MAY | 1.00 | 0.75 | 0.72 |
| MAX | 0.67 | 0.53 | 0.05 |
| MOC | 0.67 | 0.21 | 0.10 |

Anexo 10 Datos de índices modificadores del riesgo ingresados a ALES

| UC | ModOr1 | ModCo2 | ModIn3 |
|-----|--------|--------|--------|
| MOJ | 0.67 | 0.39 | 0.29 |
| MNB | 0.67 | 0.73 | 0.43 |
| MNV | 0.67 | 0.69 | 0.04 |
| MOX | 0.67 | 0.65 | 0.47 |
| MUL | 0.67 | 0.04 | 0.32 |
| OLI | 0.67 | 0.43 | 0.38 |
| ORE | 0.67 | 0.54 | 0.00 |
| PAC | 0.67 | 0.70 | 0.35 |
| PAM | 0.67 | 0.62 | 0.37 |
| PAY | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| PAJ | 0.67 | 0.69 | 0.50 |
| PAL | 0.67 | 0.39 | 0.19 |
| PCH | 1.00 | 0.63 | 0.21 |
| PNI | 1.00 | 0.70 | 0.54 |
| PAQ | 0.67 | 0.27 | 0.11 |
| PAS | 0.67 | 0.67 | 0.00 |
| PAG | 1.00 | 0.56 | 0.09 |
| POR | 0.34 | 0.73 | 0.36 |
| PQT | 0.00 | 0.41 | 0.05 |
| PVI | 0.67 | 0.15 | 0.12 |
| PUR | 1.00 | 0.73 | 0.52 |
| REA | 0.67 | 0.59 | 0.30 |
| REB | 0.67 | 0.34 | 0.12 |
| RIB | 1.00 | 0.68 | 0.46 |
| RCO | 0.67 | 0.70 | 0.79 |
| SAC | 1.00 | 0.61 | 0.49 |
| SAT | 0.67 | 0.57 | 0.29 |
| SAL | 0.67 | 0.58 | 0.04 |
| SMA | 0.67 | 0.18 | 0.00 |
| SMB | 0.67 | 0.40 | 0.28 |
| STN | 0.67 | 0.46 | 0.28 |
| SFA | 0.67 | 0.79 | 0.40 |
| SGI | 0.67 | 0.68 | 0.25 |
| SJO | 0.67 | 0.61 | 0.44 |
| SLU | 0.34 | 0.60 | 0.07 |
| SPA | 0.67 | 0.68 | 0.50 |
| SRA | 0.34 | 0.39 | 0.17 |
| SIN | 0.67 | 0.67 | 0.00 |
| SCA | 0.67 | 1.00 | 0.50 |
| SCR | 0.67 | 0.19 | 0.72 |
| SLC | 0.67 | 0.60 | 0.01 |
| STM | 0.67 | 0.44 | 0.44 |
| STR | 0.67 | 0.83 | 0.27 |
| SDA | 0.67 | 0.27 | 0.40 |
| SDB | 0.67 | 0.79 | 0.50 |

Anexo 10 Datos de índices modificadores del riesgo ingresados a ALES

| UC | ModIor1 | ModCo2 | ModIn3 |
|-----|---------|--------|--------|
| SDC | 0.67 | 0.70 | 0.36 |
| SIB | 0.34 | 0.68 | 0.39 |
| SNJ | 0.00 | 0.80 | 0.49 |
| SUL | 0.67 | 0.66 | 0.42 |
| SUQ | 0.67 | 0.12 | 0.07 |
| TIX | 0.67 | 0.99 | 0.50 |
| TAG | 0.67 | 0.33 | 0.00 |
| TCR | 0.67 | 0.59 | 0.08 |
| WAS | 0.34 | 0.75 | 0.64 |
| WES | 0.67 | 0.49 | 0.28 |
| XOM | 0.67 | 0.15 | 0.19 |

Anexo 11 Información de unidades cartográficas (UC) ingresadas a ALES

| Código UC | Nombre de la UC (comunidad) | (área) | |
|------------------|------------------------------------|---------------|---|
| ATE | ATENAS | h | 0 |
| BAL | BALAMCHE | h | 0 |
| BRE | BREMEN | h | 0 |
| CAC | CACAJA | h | 0 |
| CAL | CALIJA | h | 0 |
| CAM | CAMELIAS | h | 0 |
| CQA | CAQUIHA I | h | 0 |
| COB | CAQUIHA II | h | 0 |
| COM | COMUNAL | h | 0 |
| CIN | COMUNIDAD INDIGENA | h | 0 |
| CHA | CHACALTE | h | 0 |
| CHQ | CHAJQUIM | h | 0 |
| CHT | CHANTEL | h | 0 |
| CHJ | CHEJEL | h | 0 |
| CHY | CHICOY | h | 0 |
| CHL | CHILASCO | h | 0 |
| CHG | CHISIGUAN-DURAZNO | h | 0 |
| EBE | EBEN ESER | h | 0 |
| EAS | EL ASTILLERO | h | 0 |
| ECA | EL CARMEN | h | 0 |
| ECP | EL CIPRECITO | h | 0 |
| ECR | EL CIRUELO O QUEPEC | h | 0 |
| EES | EL ESPINERO | h | 0 |
| EHO | EL HOTEL | h | 0 |
| EMZ | EL MEZCAL | h | 0 |
| EMG | EL MILAGRO (ANEXO SAN LUIS) | h | 0 |
| EZP | EL ZAPOTE | h | 0 |
| FLO | FLORESA | h | 0 |
| GUX | GUAXABAJA | h | 0 |
| HEL | HELVETIA | h | 0 |
| JAL | JALAUTE | h | 0 |
| JOL | JOLOMJIJITO III | h | 0 |
| LCO | LA COLINA | h | 0 |
| LCM | LA COMPUERTA | h | 0 |
| LCU | LA CUMBRE DEL SOLDADO | h | 0 |
| LES | LA ESPERANZA | h | 0 |
| LPI | LA PINADA | h | 0 |
| LUB | LA UNION BARRIOS | h | 0 |
| LFL | LAS FLORES CONCEPCION | h | 0 |
| GAV | LOS GAVILANES | h | 0 |
| LPN | LOS PINOS | h | 0 |
| MAT | MATANZAS | h | 0 |
| MAY | MATUCUY I | h | 0 |
| MAX | MAXAXA O EL LIQUIDAMBAR | h | 0 |
| MOC | MOCOHAN | h | 0 |
| MOJ | MOJON PANIMA | h | 0 |

Anexo 11 Información de unidades cartográficas (UC) Ingresadas a ALES

| Código UC | Nombre de la UC (comunidad) | (área) | |
|------------------|------------------------------------|---------------|---|
| MNB | MONTE BLANCO | h | 0 |
| MNV | MONTE VERDE | h | 0 |
| MOX | MOXANTE | h | 0 |
| MUL | MULULJA | h | 0 |
| OLI | OLIMPIA | h | 0 |
| ORE | OREJUELO | h | 0 |
| PAC | PACAYAL | h | 0 |
| PAM | PAMPA | h | 0 |
| PAY | PAMPACAY | h | 0 |
| PAJ | PANCAJOC | h | 0 |
| PAL | PANCALA | h | 0 |
| PCH | PANCHISIVIC | h | 0 |
| PNI | PANIMA | h | 0 |
| PAQ | PANIMAQUITO | h | 0 |
| PAS | PANSAL | h | 0 |
| PAG | PEÑA DEL ANGEL | h | 0 |
| POR | PORTEZUELO | h | 0 |
| PQT | POSADA MONTAÑA DEL QUETZAL | h | 0 |
| PVI | PUENTE VIEJO | h | 0 |
| PUR | PURULHA | h | 0 |
| REA | REPOLLAL DOS | h | 0 |
| REB | REPOLLAL UNO | h | 0 |
| RIB | RIBACO | h | 0 |
| RCO | RIO COLORADO | h | 0 |
| SAC | SACSAMANI | h | 0 |
| SAT | SACHUT | h | 0 |
| SAL | SALIJA | h | 0 |
| SMA | SAMILHA II | h | 0 |
| SMB | SAMILJA I | h | 0 |
| STN | SAN ANTONIO I | h | 0 |
| SFA | SAN FRANCISCO I | h | 0 |
| SGI | SAN GIL O SAN LUISIANO | h | 0 |
| SJO | SAN JOSE EL ESPINERO | h | 0 |
| SLU | SAN LUIS | h | 0 |
| SPA | SAN PABLO SABOB | h | 0 |
| SRA | SAN RAFAEL | h | 0 |
| SIN | SANTA ANITA PANSAL | h | 0 |
| SCA | SANTA CATALINA | h | 0 |
| SCR | SANTA CRUZ | h | 0 |
| SLC | SANTA LUCIA | h | 0 |
| STM | SANTA MARIA | h | 0 |
| STR | SANTA RITA | h | 0 |
| SDA | SANTO DOMINGO | h | 0 |
| SDB | SANTO DOMINGO II | h | 0 |
| SDC | SANTO DOMINGO III | h | 0 |
| SIB | SIBIJA | h | 0 |

Anexo 11 Información de unidades cartográficas (UC) ingresadas a ALES

| Código UC | Nombre de la UC (comunidad) | (área) | |
|------------------|------------------------------------|---------------|---|
| SNJ | SINANJA | h | 0 |
| SUL | SULIN | h | 0 |
| SUQ | SUQUINAY (MINAS) | h | 0 |
| TIX | TIXILJA | h | 0 |
| TAG | TRES AGUAS | h | 0 |
| TCR | TRES CRUCES | h | 0 |
| WAS | WASHINGTON | h | 0 |
| WES | WESTFALIA | h | 0 |
| XOM | XOMBAL ENTRE RIOS | h | 0 |

Anexo 12 Árbol de decisión para determinar vulnerabilidad física.

> Vfis12 (Características de Vivienda)

No Vul (No Vulnerable)

> Vfis34 (Características de las Construcciones)

No Vul (No Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Med Vul (Medianamente Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Vulne (Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Med Vul (Medianamente Vulnerable)

> Vfis34 (Características de las Construcciones)

No Vul (No Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Med Vul (Medianamente Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 1 (Baja Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 3 (Alta Vulnerabilidad)

Vulne (Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 3 (Alta Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 3 (Alta Vulnerabilidad)

Vulne (Vulnerable)

> Vfis34 (Características de las Construcciones)

No Vul (No Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 3 (Alta Vulnerabilidad)

Med Vul (Medianamente Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 3 (Alta Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 3 (Alta Vulnerabilidad)

Vulne (Vulnerable)

> VfisVc5 (Vías de Comunicación)

Buen (Buena Carretera) : 2 (Media Vulnerabilidad)

Regu (Carretera Cercana) : 3 (Alta Vulnerabilidad)

Mal (Carretera Alejada) : 3 (Alta Vulnerabilidad)