

Thesis
M519u
c.2

**AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
A DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**USO DE LOS RECURSOS NATURALES Y SU RELACIÓN CON LA
VULNERABILIDAD A INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS EN LA
CUENCA DEL RÍO TUIS, COSTA RICA**

POR

BLANCA ARACELY MELÉNDEZ VALLE

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2001

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

USO DE LOS RECURSOS NATURALES Y SU RELACIÓN CON LA VULNERABILIDAD A
INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO TUIS, COSTA RICA

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 para optar al grado de :

Magister Scientiae

Por

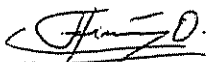
Blanca Aracely Meléndez Valle.

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:



Francisco Jiménez, Ph.D.
Consejero Principal



Cornelius Prins, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Sergio Velásquez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Alfonso Pérez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Ali Moslemi, Ph.D.
Director Escuela de Posgrado



Blanca Aracely Meléndez Valle
Candidata

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso quien me permitió terminar mis estudios, a mis hijos Diego y Andrea por ser el motivo de mi existencia, a mi esposo Mauricio y a mis padres y hermanos, compañeros y amistades que en todo momento me apoyaron.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos mis maestros que contribuyeron a mi formación profesional, especialmente al Dr. Francisco Jiménez que tuvo la paciencia de guiarme en mi investigación, y a todos los miembros de mi comité asesor, así como al Dr. Hernán Solís y al Dr. Diógenes Cubero que hicieron valiosos aportes a mi tesis.

A toda la gente linda de la cuenca del río Tuis, especialmente: a doña Marita y Leda Ugalde, Silvia Matarrita, Sandra Barboza, Mireya Calderón, Sandro Solís, Alfonso Alvarado, Miguel Umaña y don Fredy Zamora y esposa, que tan gentilmente me colaboraron en toda mi investigación.

A mis compañeros de promoción 2000-2001 por haber compartido sacrificios y satisfacciones en CATIE.

A la Señorita Eusebia Hidalgo por haberme apoyado con mi familia.

A todo el personal administrativo y de mantenimiento de CATIE, especialmente a Marta González, al Sr. Molina, Ricardo y Gerardo.

A mi familia por su apoyo incondicional y a la familia Molina, especialmente a Doña Juanita Molina por su apoyo hacia mis hijos.

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
TRIBUNAL EXAMINADOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	Iv
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Caracterización del problema	1
1.2 Justificación de la investigación	2
1.3 Objetivos general y específicos	4
1.4 Hipótesis	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Problemática de los desastres	6
2.2 Marco conceptual	7
2.3 Características de los desastres	7
2.4 Evaluación de la vulnerabilidad	8
2.5 Algunos eventos causantes de desastres	9
2.5.1 Las inundaciones	9
2.5.6 Los deslizamientos	14
2.6 Degradación de los suelos de los bosques tropicales por el cambio de uso	16
2.6.1 Erosión y sedimentación	18
2.6.2 Efecto de los pastizales	18
2.7 Evaluación de tierras por capacidad de uso	19
2.7.1 Consideraciones para una evaluación de tierras	19
2.7.2 Relaciones entre las unidades de mapeo y de capacidad	20
2.8 Antecedentes de investigaciones realizadas en la cuenca del río Tuis	20

3	MATERIALES Y METODOS	24
3.1	Localización del área de estudio	24
3.2	Características biofísicas	24
3.2.1	Geología	24
3.2.2	Suelos	25
3.2.3	Relieve	25
3.2.4	Características climáticas	26
3.2.5	Vegetación y zonas de vida	26
3.3	Características sociales	26
3.4	Características de los Recursos Naturales	27
3.5	Amenazas identificadas	28
3.6	Estudio de dinámica del uso de la tierra	28
	Estudio de intensidad de uso de la tierra y su contribución a la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos	29
3.7	Características de los sistemas de producción presentes en la cuenca	31
3.8	Identificación de factores que contribuyen a identificar el nivel de vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos	32
3.8.1	Indicadores sin escala numérica de vulnerabilidad	32
3.8.2	Indicadores con escala numérica de vulnerabilidad	33
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1	Dinámica en el uso de la tierra	40
4.2	Identificación de las áreas de conflicto de uso	45
4.2.1	Capacidad de uso de las tierras	45
4.2.2	Intensidad de uso de las tierras en la cuenca del río Tuis	48
4.3	Características de los principales sistemas de manejo de los recursos naturales	52
4.3.1	Caracterización de los sistemas de producción	52
4.3.2	Calendario agrícola de la comunidad de Tuis	55
4.4	Factores que contribuyen a la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis	55
4.4.1	Áreas con riesgo a deslizamientos	56
4.4.2	Áreas de riesgo de inundación	59
4.4.3	Análisis de la percepción local de eventos catastróficos en la cuenca	62
4.4.4	Resultados de la aplicación de la escala de vulnerabilidad	65
4.5	Líneas de acción para la reducción de la vulnerabilidad	75
5	CONCLUSIONES	78
6	RECOMENDACIONES	80
7	LITERATURA CITADA	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Efectos de la remoción de la capa orgánica sobre la capacidad de infiltración.	17
Cuadro 2. Erosión superficial y tasas de infiltración en pastizales.	19
Cuadro 3. Población de la cuenca del río Tuis, distribuida por distrito y por sexo.	27
Cuadro 4. Parámetros evaluadores de la capacidad de uso de las tierras metodología de Costa Rica, modificada para la cuenca del río Tuis	30
Cuadro 5. Matriz para evaluar la capacidad intensidad de uso del suelo en la cuenca del río Tuis	31
Cuadro 6. Criterios para evaluar en riesgo a deslizamiento según la cobertura y pendiente del suelo	33
Cuadro 7. Escala de evaluación de la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones	33
Cuadro 8. Indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad ambiental	34
Cuadro 9. Indicadores para la evaluación estado de los puentes	35
Cuadro 10. Indicadores para la evaluación de la calidad de vida	37
Cuadro 11. Indicadores para la evaluación del nivel organizativo	38
Cuadro 12. Indicadores para evaluación del nivel de capacitación	39
Cuadro 13. Indicadores para la evaluación de la presencia Institucional	39
Cuadro 14. Dinámica del uso de la tierra: 1961, 1979, 1988, 1998, en la cuenca del río Tuis	42
Cuadro 15. Capacidad de uso de las tierras en la cuenca del río Tuis	47
Cuadro 16. Intensidad de uso de las tierras en la cuenca del río Tuis	51
Cuadro 17. Intensidad de uso según el tipo de cobertura, en la cuenca del río Tuis, en 1998.	51
Cuadro 18. Precios por fanega de café, 1997-2001	53
Cuadro 19. Calendario agrícola de las comunidades de Tuis	55
Cuadro 20. Comunidades afectadas por inundaciones en la cuenca del río Tuis	59

Cuadro 21. Evaluación de los factores que inciden en la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis	66
--	----

Cuadro 22. Problemas de los principales puentes en la cuenca del río Tuis	69
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de ubicación del estudio	24
Figura 2. Cobertura de uso en la cuenca del río Tuis	41
Figura 3. Dinámica en el uso de las tierras en la cuenca del río Tuis , años 1961, 1979, 1988, 1998	43
Figura 4. Capacidad de uso de las tierras en la cuenca del río Tuis	46
Figura 5. Intensidad de uso de las tierras en la cuenca del río Tuis	50
Figura 6. Áreas de riesgo a deslizamientos	57
Figura 7. Áreas de riesgo a inundaciones	60
Figura 8. Causas de las inundaciones según los habitantes en las áreas de riesgo	63
Figura 9. Nivel de escolaridad de los habitantes en áreas de riesgo a inundaciones y deslizamientos	64
Figura 10. Nivel de empleo de los habitantes en áreas de riesgo a inundaciones y deslizamientos	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Promedio de precipitación según diferentes estaciones meteorológicas cercanas al río Tuis	88
Anexo 2. Ejemplo para la determinación de la capacidad de uso	89
Anexo 3. Ejemplo guía de entrevistas para los productores del río Tuis	90
Anexo 4. Cuestionario para evaluar el aspecto organización de los comités de emergencia y las asociaciones de desarrollo en la cuenca del río Tuis	91
Anexo 5. Ejemplo de guía de entrevista para los habitantes de las áreas críticas	92

RESUMEN

MELÉNDEZ, B.A. 2001. Uso de los recursos naturales y su relación con la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis.

Palabras claves: Inundaciones, deslizamientos, dinámica, Capacidad de uso, intensidad de uso, vulnerabilidad, riesgo, indicadores, Tuis.

RESUMEN

Las características fisiográficas y climáticas de la cuenca del río Tuis, la hacen vulnerable a inundaciones y deslizamientos.

Los habitantes de los poblados de Tuis, La Suiza y Canadá han sufrido por años deslizamientos e inundaciones del río Tuis y sus quebradas tributarias, con pérdidas de viviendas, infraestructura de comunicación, líneas vitales y hasta vidas humanas, por lo que las organizaciones locales se han movilizadado para la gestión de proyectos encaminados al manejo de la cuenca.

El objetivo de la presente investigación fue contribuir al conocimiento de la dinámica en el uso de la tierra y el manejo de los recursos naturales, para proponer acciones para la reducción de la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos.

El estudio se realizó en la cuenca del río Tuis, ubicada en los distritos de La Suiza, Tuis, Tayutic y Pavones, en el cantón de Turrialba, Provincia de Cartago, Costa Rica.

El análisis de la dinámica del uso de la tierra se realizó con base a fotografías aéreas de los años 1961, 1979, 1988 y 1998. Con el objetivo de relacionar si el uso de la tierra ha influido en la frecuencia de inundaciones, se analizó la intensidad de uso de las tierras, para lo cual se realizó la sobreposición del mapa de cobertura de uso para 1998 y el mapa de capacidad de uso de las tierras según la metodología de Costa Rica, se caracterizaron los principales sistemas de producción presentes en la cuenca a través de talleres participativos con productores, se analizaron factores estructurales como el diseño de los puentes, factores socioeconómicos de los habitantes en áreas de riesgo, para lo que se realizaron talleres participativos, entrevistas a estructuras organizativas e informantes claves y habitantes de las áreas de riesgo. Y por último se aplicó una escala de vulnerabilidad donde fueron evaluados los factores ambientales, estructurales, socioeconómicos, organizacionales, e Institucionales a través de indicadores.

Los resultados indican que existe vulnerabilidad ambiental a deslizamientos e inundaciones, porque el 42% de los bosques han sido deforestados, el 24.7% de las tierras de la cuenca están en sobreuso y solamente el 5% de los productores aplican prácticas de conservación de suelos en los principales rubros (café, caña de azúcar y ganado de repasto).

La infraestructura de comunicación (puentes) es muy altamente vulnerable, ya que estos no han sido diseñados para soportar eventos de precipitación máxima y no existe mantenimiento para evitar la socavación de las bases.

El crecimiento urbano en los márgenes del río Tuis y las quebradas la Leona, La Gata y la quebrada Armado ha aumentado la vulnerabilidad a las inundaciones y deslizamientos, y al analizar los factores socioeconómicos de los habitantes en estas áreas de riesgo se encontró que existe un bajo nivel económico y de escolaridad lo cual tiene relación directa con la inaccesibilidad a un lugar más seguro y al mejoramiento de su calidad de vida.

SUMMARY

MELÉNDEZ, B.A. 2001. Use of the natural resources and their relationship with the vulnerability to sliplands and floods in the watershed of the river Tuis.

Key words: Floods, sliplands, dynamics, use Capacity, use intensity, vulnerability, risk, indicators, Tuis.

SUMMARY

The physical and the climatic characteristics of the watershed of the river Tuis, make it vulnerable to floods and sliplands.

The inhabitants of the towns of Tuis, La Suiza and Canada have suffered sliplands and floods for years as a consequence of Tuis river and its tributary microbasins, with loss of housings, communication infrastructures, vital lines and until human lives. That's for what the local organizations have been mobilized for the administration of projects guided to the watershed management.

The objective of the present investigation is to contribute to the knowledge of the dynamics in the land use and the natural resources management, to propose actions for the reduction of the vulnerability to floods and sliplands.

The study was carried out in the watershed of the Tuis river, located in the districts of La Suiza, Tuis, Tayutic and Pavones which are located in the Turrialba canton belonging to Cartago country, Costa Rica.

The dynamic analysis of the land use was carried out based on air pictures from the 1961, 1979, 1988 and 1998 years. The intensity of land use was analyzed in order to relate if the land use has influenced in the frequency of floods. It was carried out the union of the use covering map for 1998 year and the capacity of land use map according to the methodology of Costa Rica. It was characterized the main production systems presented in the watershed through workshops applied to producers. Also the structural factors were analyzed as the design of the bridges, the inhabitants' socioeconomic factors in areas of risk, workshops to the inhabitants were carried out, as well interviews to organizational structures and key informants and inhabitants of the areas of risk. Finally a vulnerability scale was applied where the environmental, structural, socioeconomic, organizational, and institutional factors were evaluated through indicators.

The results indicate that exists environmental vulnerability to sliplands and floods because 42% of the forest has been removed, the 24.7% of the lands are in intensive use and only the 5% of the producers apply soil conservation practices in the main products (coffee, sugar cane, and grassing livestock).

The communication infrastructure (bridges) is very highly vulnerable, since these have not been designed for supporting events of maximum precipitation and doesn't exist maintenance to avoid the undercut of the bases.

The urban growth in the margins of the Tuis river and La Leona, La Gata and La Armado microbasins has increased the vulnerability to the floods and sliplands. When the socioeconomic factors of the inhabitants in the areas of risk were analyzed it was found that a low economic and

scholar level exist, that's for there is a direct relationship with the inaccessibility to a surer place and the improvement of the life quality.

Referring to the organization of the local structures, as development associations and local emergency committees, it exists a high administration capacity and proposals for the communal development, as the recent conformation of a foundation for the management of the watershed of the Tuis river, and the formulation and administration to the Costa Rican legislative assembly of the project of law already approved: "Permanent Plan of Integral Management of the watershed of the Tuis river", but these actions are affected by a low level of local incidence in the inhabitants, those that are characterized by their apathy to participate in the development activities.

As for the level of the inhabitants' of the areas of risk preparation to confront an event, it was very highly vulnerable, because only the 5% has been qualified in the prevention and mitigation of disasters.

As for the institutional presence, vulnerability exists since its presence is punctual to the emergency moments, it doesn't either exist an appropriate coordination and pursuit once past the flood events and sliplands; as well as the non application and pursuit on the part of the municipality of the environmental legislations and of construction.

Giving the same relative weight to all the evaluated variables, it was calculating a value vulnerability average, it was obtained a moderate to high vulnerability, with a value average of 2.4

En cuanto a la organización de las estructuras locales, como las asociaciones de desarrollo y comités de emergencia locales, existe una alta capacidad de gestión y propuestas para el desarrollo comunal, como la reciente conformación de una fundación para el Manejo de la Cuenca del río Tuis, y la formulación y gestión ante la asamblea legislativa de Costa Rica del proyecto ya aprobado de ley: "Plan Permanente de Manejo Integral de la cuenca del río Tuis", pero dichas acciones se ven afectada por un bajo nivel de incidencia local en los habitantes, los que se caracterizan por su apatía a participar en las actividades de desarrollo.

En cuanto al nivel de preparación de los habitantes de las áreas de riesgo a afrontar un evento, este resultó muy altamente vulnerable, pues solamente el 5% han sido capacitados en la prevención y mitigación de desastres.

En cuanto a la presencia institucional, existe vulnerabilidad pues su presencia es puntual a los momentos de emergencia, y no existe una adecuada coordinación y seguimiento una vez pasado los eventos de inundación y deslizamientos; así como la no aplicación y seguimiento por parte de la municipalidad de las legislaciones ambientales y de construcción.

Al darle los mismos pesos relativos a todas las variables evaluadas y calculando un valor promedio de vulnerabilidad, se obtiene como resultado una vulnerabilidad de moderada a alta, con un valor promedio de 2.4

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Caracterización del problema

En términos generales el clima de Costa Rica es consecuencia de su condición ístmica que permite la influencia del Océano Pacífico y del Mar Caribe; sin embargo, la circulación atmosférica que se establece por esta característica es interrumpida por el eje montañoso central; consecuentemente se crea una diferencia climatológica que se manifiesta por una disimetría pluviométrica, con mayores precipitaciones en la Vertiente del Caribe, lo que aunado a sus características geomorfológicas, favorece los deslizamientos e inundaciones en la región (Bedolla, 1984).

Tal es el caso de la cuenca del río Tuis, ubicada mayoritariamente en el distrito de la Suiza, Cantón de Turrialba, Costa Rica, donde los factores climáticos, geomorfológicos y otros elementos como la intervención humana con prácticas agropecuarias inadecuadas, aceleran los procesos de desestabilización de las vertientes y causan inundaciones y deslizamientos que afectan periódicamente a los habitantes de las zonas de riesgo.

Los habitantes de las comunidades de La Suiza, Tuis y otras han sufrido durante mucho tiempo las inundaciones periódicas causadas por el desbordamiento del río Tuis y sus afluentes (La Leona, La Gata y La Danta). Se pueden señalar, por ejemplo, los eventos de 1928, 1936, 1938, 1956, 1961, 1970 y 1999. La inundación de 1970 es considerada la más desastrosa ya que causó la desaparición de viviendas, puentes, zonas de comercio, cultivos, caminos y el mismo cruce de los ríos (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, 1983).

Los promedios de precipitación en la cuenca durante la mayoría de los meses (Anexo 1), determinan un régimen de humedad que favorece los deslizamientos, ya sean provocados por sismos o por eventos de lluvias extremas. Así por ejemplo, con el sismo de Telire-Limón de 1991, se activaron y aceleraron diferentes tipos de remoción en masa, especialmente en laderas alteradas con pendientes muy abruptas, donde el impacto humano es evidente por la mala utilización de la tierra, la deforestación y el mal trazado de las vías de comunicación (Araya, 1994). También lluvias extremas como la tormenta de 1999 causó derrumbes en la Quebrada El Silencio, soterramientos de tanques de captación de agua, y acarreo de materiales y árboles caídos, provocando inundación y la destrucción de los puentes de Tuis y Canadá.

Según investigaciones sobre modelación hidrológica en las quebradas La Danta, La Gata y La Leona, una tormenta de 154.3 mm con una duración de 6 horas, un caudal máximo de $412.8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ y

con un periodo de retorno de 25 años es capaz de ser transportada sin problemas en los cauces de La Danta y La Leona, no así en la Gata, la cual mostró ser desbordada aun con una tormenta con un periodo de recurrencia de 4.23 años y un caudal de 12 m s^{-1} (Obando, 1995).

Al evaluar la inundación de 1970, ésta ocurrió asociada a una precipitación de 483.3 milímetros y una duración de 24 horas, la cual causó el desbordamiento de las anteriores quebradas y del cauce principal del Río Tuis, causando daños de gran magnitud y perjuicios físicos y psicológicos en sus pobladores. Éstos la identifican como la inundación de mayor desastre, lo que hace suponer que este es un evento extremo con un periodo de retorno mucho mayor, pero que siempre existe la probabilidad de ocurrencia.

Los eventos máximos son los causantes de desbordamientos de los ríos de sus cauces, lo que ocasiona las inundaciones, ya que la cantidad de precipitación es tanta que no existe capacidad de infiltración en la cuenca y se da el escurrimiento superficial que aumenta el caudal del río, así como avalanchas de tierras que forman represas con lodos y árboles, transformándose en un flujo denso y de mayor peligrosidad (Solís, 2001).

Sin embargo, la periodicidad de inundaciones asociadas a eventos extremos, puede haberse modificado causando que precipitaciones de menor magnitud desborden los ríos, debido a alteraciones de origen antropocéntrico como el reemplazo del ecosistema forestal por otros ligados a prácticas de cultivo, cambio brusco de bosques a áreas de ganadería, caña de azúcar, café y otros usos, los cuales reducen fuertemente las funciones de regulación del bosque, como por ejemplo, la modificación de las propiedades de absorción, almacenamiento y descarga de agua. Así por ejemplo, la inundación del 24 de septiembre de 1999 causada por una lluvia de 3 horas de duración, fue capaz de causar gran destrucción, principalmente en la infraestructura de comunicación y energía eléctrica.

La anterior situación ha alarmado a los habitantes de la zona, los cuales se han organizado en comités comunales, con apoyo de la Comisión Nacional de Emergencia (CNE), para buscar alternativas de solución en la prevención y la mitigación de desastres, principalmente las más frecuentes: las inundaciones y deslizamientos.

1.2 Justificación de la investigación

En el sistema cuenca hidrográfica no solamente se debe considerar el aspecto biofísico (cuenca, subcuenca y microcuenca), sino también los aspectos económicos y sociales interrelacionados entre

si, ya que de la calidad y cantidad de estas interacciones depende su desarrollo armónico, basado en el aprovechamiento, conservación y protección de los recursos naturales (agua, suelo y bosque) (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2000; (Ramakrishna, 1997, CEDES, 1998).

América Central es una de las regiones más propensas a los desastres naturales, debido a su ubicación geográfica, características climáticas y composición geológica. La interacción entre el medio físico inestable, las estructuras económicas y grupos en pobreza extrema, han acentuado la vulnerabilidad de la región a amenazas ambientales y desastres potenciales. A estas condiciones desfavorables se suman el manejo inadecuado de los recursos naturales (sobreexplotación de la tierra, contaminación de ríos, deforestación, etc.), lo cual provoca inestabilidad en los ecosistemas (Proyecto Estado de la Nación, 1999).

Las prácticas inadecuadas del uso de la tierra han traído como consecuencia la pérdida de la fertilidad de los suelos, desbalance en el régimen hídrico e incremento de daños por inundaciones, lo que afecta negativamente a los habitantes de las cuencas. Los factores climáticos, geomorfológicos y otros factores como la intervención humana con prácticas agropecuarias inadecuadas, aceleran los procesos de desestabilización de las vertientes y causan inundaciones que afectan periódicamente a los habitantes de las zonas de riesgo, principalmente los que viven en los márgenes de los ríos, en la partes bajas de las cuencas (Bedoya, 1982).

En la cuenca del río Tuis, dichos factores han acentuado la vulnerabilidad, ocasionando que algunas comunidades importantes ubicadas en la cuenca hayan sido afectadas por desastres, tales como inundaciones y deslizamientos. Históricamente se tiene información de inundaciones desde el año de 1887, época en que se establecieron los primeros pobladores en lo que hoy es la Suiza. Pero en los últimos 15 años, dichos eventos se han presentado con mayor frecuencia, situación que ha alarmado a los habitantes de la cuenca, pues según sus manifestaciones, el clima se ha vuelto impredecible, lo que crea incertidumbre e inseguridad.

A esto se suma la ubicación de la comunidad La Suiza, ubicada en lo que aparentemente fue un cause antiguo del río Tuis. Así mismo, dos de las quebradas principales de la vertiente sur (La Conejo y La Armado) descargan directamente enfrente del centro de población, mientras que otras dos de la vertiente norte (La Gata y la Danta) cruzan, de norte a sur, el centro de la ciudad (Gutiérrez, 1987).

La vulnerabilidad es definida como la incapacidad de una comunidad de sobreponerse ante un evento, por lo tanto los aspectos organizacionales, institucionales y de capacitación son de máxima importancia, pues indican el grado de preparación de la comunidad para afrontar un evento; a su vez el nivel económico y de educación de la gente tiene relación directa con la capacidad de los habitantes a sobreponerse, ya sea a trasladarse a un lugar más seguro, o a reconstruir sus viviendas.

El presente estudio pretende contribuir con los habitantes de la cuenca, mediante un análisis de la dinámica en el uso de la tierra y el manejo de los recursos naturales, evaluando a su vez, los factores biofísicos y socioeconómicos de la población, para hacer una propuesta de reducción de vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la dinámica en el uso de la tierra y el manejo de los recursos naturales para proponer estrategias y acciones para reducir la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estimar el cambio en el uso de la tierra en la cuenca del río Tuis en los últimos 40 años.
- Identificar en la cuenca áreas en sobreuso, a fin de identificar y ubicar áreas críticas.
- Caracterizar los principales sistemas de manejo de los recursos naturales en la cuenca del río Tuis.
- Identificar los principales factores que contribuyen a la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica de la cuenca.
- Proponer estrategias y acciones concertadas con los actores para el manejo de la cuenca.

1.4 Hipótesis

- Los cambios de uso de la tierra en la cuenca del río Tuis durante los últimos 40 años han favorecido su degradación y vulnerabilidad a desastres naturales.
- Existen en la cuenca un alto porcentaje de áreas en sobreuso que contribuyen a la degradación y vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones.

- Los sistemas de manejo de los recursos naturales de la cuenca son inadecuados, y por lo tanto, están contribuyendo a la vulnerabilidad biofísica a deslizamientos e inundaciones.
- Existen factores socioeconómicos que aumentan la vulnerabilidad de la cuenca a desastres naturales .
- Las comunidades están conscientes de la degradación de la cuenca e interesadas en participar, definir e implementar acciones para su rehabilitación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Problemática de los desastres

Los desastres equivocadamente llamados "naturales", parecen convertirse en circunstancias cotidianas de millones de pobladores en América Latina y otras latitudes del Orbe. Caracterizados comúnmente por la cantidad de pérdidas humanas y económicas sufridas a corto plazo, los desastres son más bien fenómenos de carácter y definición eminentemente social, no solamente en términos del impacto que los caracteriza, sino también en términos de sus orígenes, así como de las reacciones y respuestas que suscitan en la sociedad política y social (Lavell, 1996).

En América Latina y el Caribe, a partir de la década de 1960, las inundaciones, terremotos, huracanes, sequías, desertificación y deslizamientos de tierras han provocado 180,000 muertes, han afectado la vida de 100 millones de personas y ocasionado sumas superiores a 54 mil millones de dólares en daños a la propiedad (OEA, 1993).

Las pérdidas por desastres son cuantiosas, influyendo en los procesos de desarrollo en los países, afectando a todos los sectores socioeconómicos con pérdidas directas e indirectas no cuantificables y de fuerte impacto en la sociedad. Ello incluye la pérdida de hogares y empleos, la disminución de los ingresos y el aumento de los costos de producción, de servicios y otros, acentuando a la vez males sociales como la pobreza, enfermedades, degradación ambiental y migraciones. Por lo tanto, es necesario incluir el factor riesgo en la planificación del desarrollo para reducir la vulnerabilidad, considerando principalmente que en los países del área centroamericana se manifiestan dos componentes ideales para un desastre que son:

1. Las constantes y fuertes amenazas de eventos naturales, así como un alto incremento de usos de nuevas tecnologías, en la mayoría de casos, sin las debidas medidas de seguridad.
2. El incremento sostenido de la población, acompañado de los mayores niveles de exclusión y pobreza (CEPRENAC, 1999).

Son varios factores los que aumentan la fragilidad ecológica y social de América Central; algunos están relacionados con el uso del territorio y otros tienen que ver con la adopción de prácticas insostenibles como la inadecuada disposición de desechos, la sobreexplotación del recurso hídrico, el uso excesivo de plaguicidas en la agricultura, la deforestación y la agricultura en laderas sin planes de manejo y conservación de suelos, obras de infraestructuras mal diseñadas, etc. (Proyecto Estado de la Nación, 1999).

2.2. Marco conceptual

La oficina de las Naciones Unidas para asuntos humanitarios (ONU/DAD) en conjunto junto con las Organizaciones de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, (UNESCO) propone las siguientes definiciones:

Desastre: puede definirse como un evento o suceso que ocurre en la mayoría de los casos de manera repentina e inesperada causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población , la destrucción o pérdidas de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medioambiente. Esta situación significa la desorganización de los patrones de normales de vida generando adversidad, desamparo y sufrimiento en las personas.

Riesgo: se considera cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medioambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea, vulnerable a ese fenómeno, o sea el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

Amenaza o peligro: es definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante un periodo de tiempo en un sitio dado.

Vulnerabilidad: el grado de pérdidas de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0 (sin daños) a 1 (pérdida total). En términos generales, la vulnerabilidad puede entenderse, entonces, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daños debido a posibles acciones externas, y por lo tanto, su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo, mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso.

Resiliencia: se entiende por la capacidad del sistema de retornar al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo después de haber sufrido perturbaciones graves (Maseda, 1999)

2.3 Características de los desastres

Los desastres pueden ser originados por la manifestación de fenómenos naturales que no pueden ser controlados (terremotos, maremotos, erupciones volcánicas y huracanes) mientras que inundaciones, sequías y deslizamientos pueden llegar a controlarse o atenuarse con obras civiles de canalización y estabilización de suelos (Organización Panamericana de la Salud, 1999).

La mayoría de estos fenómenos ocurren de forma cataclísmica, es decir, súbitamente y afectan un área no muy grande, a excepción de las sequías las cuales ocurren durante un largo periodo y sobre áreas extensas (Organización Panamericana de la Salud, 1999).

También existen desastres de origen antrópico o provocados por el hombre (guerras, explosiones, incendios, accidentes, deforestación, contaminación).

Wilches-Chaux (1989) define los desastres como el producto de la convergencia, en un momento y lugar determinado de dos factores: riesgo y vulnerabilidad, definiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Desastre} = \text{Riesgo} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Un evento físico por sí solo no es el responsable del desastre. Es su combinación con condiciones de vulnerabilidad sociales y humanas, tales como: ubicación territorial de la población; estado de las viviendas y de la infraestructura de producción, circulación y comercialización, niveles de pobreza, salud y desnutrición; niveles de organización de la población; reservas económicas familiares o gubernamentales; características educacionales, ideológicas y culturales de la población (Lavell, 1996).

Por lo tanto, los desastres son fenómenos eminentemente humanos y deben despojarse del calificativo de "naturales" que genera la sensación de que el mundo "es así" y que no podemos hacer nada para evitarlos.

Los riesgos, por el contrario, presentan claramente dos orígenes: los procesos intrínsecos de transformación de la naturaleza (como las erupciones volcánicas, los terremotos y los huracanes) y la actividad humana (como la construcción de presas, el aprovechamiento de la energía nuclear, la utilización de tecnologías obsoletas o contaminantes y el uso inadecuado de los recursos del medio) (Wilches-Chaux, 1989).

Los riesgos de origen humano, como la indebida explotación de los bosques o la destrucción de los páramos, pueden originar riesgos de origen natural, es decir respuestas de la naturaleza a la agresión de que ha sido víctima; en este caso deslizamientos e inundaciones.

2.4 Evaluación de la vulnerabilidad

Gran parte del trabajo de mitigación del desastre centra su atención en reducir la vulnerabilidad y para poderlo realizar es necesario identificar cuáles son los elementos de mayor riesgo y evaluarlos (Wong *et al.*, 1996).

Entendemos por evaluación de vulnerabilidad el proceso por el cual se estima la vulnerabilidad a amenazas de desastres posibles de elementos especificados en riesgo. En los países en desarrollo se consideran a la pobreza y el desarrollo sin equidad como causas de la vulnerabilidad a desastres (Wong *et al.*, 1996).

El rápido crecimiento demográfico, la migración urbana, patrones injustos de tenencia de la tierra, falta de educación y agricultura de subsistencia en tierras marginales conduce a condiciones vulnerables tales como la ubicación insegura de edificios y asentamientos, hogares inseguros, deforestación, desnutrición, desempleo, empleo insuficiente y analfabetismo (Wong *et al.*, 1996).

La vulnerabilidad también puede ser el resultado de factores que se pueden resolver en forma más fácil mediante medidas específicas de reducción de riesgo. En estos factores se incluye un código de construcción y materiales inadecuados y falta de conciencia pública. Todas estas medidas van a depender del grado de desarrollo de la sociedad. Se sabe que si el gobierno no tiene suficiente personal para inspectores, no se van a respetar los códigos de las construcciones. De igual manera la conciencia pública va a depender del nivel de educación de la comunidad y de la disposición de los medios de comunicación que no siempre son los mejores (Wong *et al.*, 1996).

Como se sabes, las amenazas tienden a ser incontrolables y gran parte del trabajo de mitigación se centra en la reducción de la vulnerabilidad. El mejoramiento de las condiciones económicas reduce muchos aspectos de la vulnerabilidad y una economía segura, puede ser en muchos casos, la mejor defensa contra desastres y emergencias (Wong *et al.*, 1996).

2.5 Algunos eventos causantes de desastres

2.5.1 Las inundaciones

Las inundaciones son el fenómeno de mayor frecuencia en Centroamérica, asociadas o no a ciclones tropicales y se manifiestan prácticamente todos los años con diferentes magnitudes. En general se presentan en el interior de los países y en ambas costas, pero son más frecuentes en las costas del Caribe (OXFAN UK, 1998).

Para Centroamérica existen inundaciones con periodos de recurrencia de uno a dos años provocadas por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) o bien cuando éstas se asocian con las ondas del este. Es necesario destacar que en los últimos años han aumentado la frecuencia de las inundaciones debido a la ubicación de asentamientos, precarios en su mayoría en zonas en que la amenaza es alta,

de tal forma que la prevención en el uso del suelo no ha estado presente. Además el uso de la tierra y el mal manejo de las cuencas hidrográficas ha sido el factor determinante para dicho incremento. (OXFAN UK, 1998).

Descripción

Las inundaciones se pueden definir como un aumento anormal del nivel de las aguas de un río, una quebrada, un lago o del nivel medio del mar, situación que provoca desbordamiento sobre las áreas que en condiciones normales se encuentran secas (Comisión Nacional de Emergencia, 1996).

Principales factores que influyen en la incidencia de inundaciones

En Costa Rica, además de los efectos que generan las características topográficas (las zonas de planicies, la elevación e inclinación del sistema montañoso), la inundación se puede presentar por los siguientes factores (Comisión Nacional de Emergencias, 1996):

A. Fenómenos Naturales

a) Lluvia estacional

La lluvia estacional es aquella que tiene periodos establecidos. Por ejemplo en Costa Rica se presentan periodos y regímenes diferentes. Así se tiene el régimen de la Vertiente del Pacífico y el régimen de la Vertiente del Atlántico. En el caso de la Vertiente del Pacífico hay un periodo lluvioso bien definido de mayo a noviembre, con la presencia de un pequeño verano en julio y agosto. Respecto a la Vertiente del Atlántico, se presentan dos subzonas; la costa y la montaña (orográfica).

En la costa Atlántica el periodo lluvioso va de mayo a septiembre y de noviembre a enero, siendo diciembre el mes más lluvioso y en algunas ocasiones, enero. Lo anterior por la presencia de algún frente frío o vaguada, depresión o tormenta tropical.

Respecto a la zona montañosa del Atlántico, la lluvia se mantiene todo el año y disminuye en abril.

b. Lluvias torrenciales o de alta intensidad

Lluvias que caen en gran cantidad y en muy poco tiempo, que por su intensidad y duración no logran ser evacuadas por las quebradas y los ríos y el agua acumulada genera el desbordamiento.

En esta definición está contenido lo que caracteriza el fenómeno torrencial: las crecidas súbitas y violentas y, en mayor y menor medida, caudales sólidos incorporados a la corriente. Estos caudales sólidos pueden tener lugar tanto en forma de suspensiones (materiales finos) que se originan principalmente por fenómenos de erosión superficial en la cuenca, como de acarreos (materiales gruesos) debidos fundamentalmente a la erosión de lechos y márgenes de los cauces, aguas y materiales sólidos constituyen el material torrencial (Del Palacio *et al.*, 1999).

c) Presencia de un fenómeno atmosférico

Lluvias provocadas por los temporales, los cuales son consecuencia de fenómenos meteorológicos como los ciclones tropicales (huracanes) y los frentes fríos. En estos casos las lluvias son prolongadas y continuas, con lo cual aumenta el nivel de la quebrada o del río y saturan el suelo, y se produce el desbordamiento de las aguas.

d) Marejadas

Aumento del nivel medio del mar por efecto directo de un huracán, de un tsunami o por una marea extraordinaria. Dado que Costa Rica se encuentra en la parte más angosta de América, sus condiciones climáticas están reguladas directamente por los Océanos Pacífico y Atlántico; esta situación le brinda al país beneficios, sobre todo en la regulación del clima, sin embargo también le expone a eventos muchas veces catastróficos. Entre estos últimos se encuentran las marejadas, con una altura hasta de 9 metros y con vientos de cientos de kilómetros por hora. El fenómeno de las marejadas puede ser producido por huracanes y tormentas, así como por mareas extraordinarias lo que puede producir inundaciones de introducción del mar en la tierra.

e) El ruptura de una presa

Las presas pueden ser naturales o artificiales, ambas están expuestas a fallar y provocar un desastre por inundación y avalancha. Las presas naturales pueden fallar por una mala conformación o por un evento sísmico fuerte.

Las presas artificiales o represamientos son formadas por deslizamientos que caen al cauce de los ríos y quebradas, así como por el lanzamiento de desechos (basura). Este tipo de presa es muy frágil y conforme el embalse se hace más grande o de mayor volumen, aumenta el riesgo de producirse una ruptura, debido al empuje que le produce el agua al querer fluir aguas abajo (Comisión Nacional de Emergencia, 1996) .

f) Cabezas de aguas

Una cabeza de agua es un evento generado básicamente por dos fenómenos:

- Aporte de aguas subterráneas.
- Lluvias de alta intensidad y corta duración que se presentan en las partes altas de la cuenca.

En algunas ocasiones se le denomina cabeza de agua a la ruptura de un represamiento, cuando éste no ha sido bien identificado. La principal característica que presenta una cabeza de agua es que aparece, sin que se presentes signos de que llueva aguas arriba de la zona afectada.

g) Avalanchas

Una avalancha es un fenómeno que se presenta en los ríos y quebradas, por efecto inicial de un deslizamiento. Una recarga de agua sobre las laderas inestables hace que adquieran gran peso y hace que se deslicen partes de las ladera hacia el cauce del río o la quebrada generando presas.

Generalmente estos represamientos se producen en las cuencas altas y es muy normal que los habitantes de la cuenca media y baja no se enteren. Las principales características que presenta una avalancha son:

- Espontáneas.
- Viajan a velocidades muy altas y tienen alto poder destructivo.
- Transportan una masa de agua con diferentes tipos de sedimentos tales como: rocas, tierras, arena,, ramas, árboles y en algunos casos, viviendas y animales

B. Fenómenos antrópicos

a) Ocupación de planicies de inundación o riberas de ríos o quebradas

Cuando se habla de planicies de inundación se refiere a las áreas o zonas que son afectadas por los caudales extraordinarios que producen las inundaciones, por un período de recurrencia definido. Por ejemplo 1, 5, 25 años o más.

Es muy común en Costa Rica que estas planicies sean ocupadas por asentamientos humanos, conformados por grupos familiares de escasos recursos económicos, de bajo nivel cultural y por ende con graves problemas sociales (precarios), lo que genera la reducción hidráulica del

cauce de los ríos y quebradas, lo que constituye un factor que en porcentaje muy alto genera las inundaciones.

b) Alteración de las cuencas y microcuencas hidrográficas

Esta se produce por la deforestación o corta de los árboles de los bosques, acción que deja el suelo sin cobertura vegetal, en algunos casos con un simple pasto y generalmente desnudo, pues es deforestado para uso agrícola o ganadero. Al no existir vegetación, el agua de la lluvia no puede ser interceptada, ni infiltrada, por lo que escurre, lavando los suelos, dirigiéndose a los cauces de ríos y quebradas, aumentando el caudal y produciendo posteriormente las inundaciones

b) Diseño inadecuado de estructuras hidráulicas

En la mayoría de las ciudades, las obras hidráulicas como puentes, canales, alcantarillas y otras fueron mal diseñadas sin visión de futuro y, hoy, con el auge del desarrollo urbano, la deforestación y los abusos de contaminación de los ríos con desechos sólidos no tienen capacidad hidráulica, las cuales al caer las lluvias se desbordan, causando inundaciones y la destrucción de tales obras.

c) Desarrollo urbano con mala planificación

Debido al desarrollo urbano, los ríos y quebradas se han visto afectadas de diferentes maneras, pues las urbanizaciones envían sus aguas residuales y pluviales a estos cauces, aumentando su caudal. A esto se le suma que la infiltración prácticamente es nula, pues la cobertura vegetal ya no existe debido a que fue sustituida por pavimento, metal o asbesto.

d) Explotación o extracción de materiales de ríos y quebradas

Debido a la extracción indiscriminada de materiales, tales como piedra y arena, por parte de algunas empresas que se establecen en ríos y quebradas, se generan severos daños en el equilibrio hidráulico de los ríos, provocando el aumento de la velocidad del agua, generando erosión de riberas o márgenes y la contaminación de las aguas para uso humano y animal.

Entre otros factores están: falta de mantenimiento de los cauces, contaminación de cauces con desechos sólidos y líquidos.

Efectos de las inundaciones

Entre los efectos de una inundación figuran el arrastre de material sólido, que provoca erosión en el área afectada (cabezas de agua), la proliferación de microorganismos, las pérdidas en obras civiles (puentes, carreteras, edificaciones, etc.) y en la agricultura y los animales, así como de vidas humanas. También cabe señalar graves efectos secundarios, entre ellos la propagación de enfermedades y la contaminación del agua potable (Comisión Nacional de Emergencia, 1996).

Control de las inundaciones

Las inundaciones pueden ser controlables, pero depende del uso de la tierra y de las obras civiles. Asimismo, hay que prestar atención al mantenimiento de los cauces de las quebradas y de los ríos, para evitar que se contaminen. También se debe controlar la explotación o extracción de materiales. En general, un uso adecuado de las cuencas hidrográficas será determinante para minimizar el efecto de una inundación (Comisión Nacional de Emergencias, 1996).

2.5.2 Deslizamientos

Los deslizamientos se definen como el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) pendiente abajo, debido a un aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en las laderas (Comisión Nacional de Emergencia, 1996).

Es la remoción en masa del suelo que ocurre a lo largo de una superficie; el movimiento puede ser muy lento (metros por año) o muy rápido (metros por segundo), dependiendo de la pendiente y el contenido de humedad. Los deslizamientos pueden ser planos o rotacionales (Solís, 2000).

Origen de los deslizamientos

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

Las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo, en algunos casos material muy alterado, fomenta la formación y aceleración de los deslizamientos, ya que un suelo arcilloso se satura por la cantidad de agua recibida, se hace más pesado, lo que con el grado de pendiente existente, facilita su deslizamiento.

b) Topografía

Los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendientes pronunciada y desprovistos de vegetación.

c) Geología

La Geología aporta un número de parámetros importantes para comprender la inestabilidad de las laderas.

- La Litología: los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos entre los cuales se tienen la meteorización y la intemperie.
- Estructuras: determinan zonas de debilidad (fallas, diaclasas y plegamientos) y la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad (estratos).
- Sismicidad: las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar deslizamientos de diversas magnitud, afectando extensas áreas. Un ejemplo son los sismos de Puriscal en 1990 y de Limón en 1991.
- Vulcanismo: es un elemento disparador de fenómenos de inestabilidad, tanto por la propia actividad volcánica (sismos volcánicos y deformación del aparato volcánico), como por la acumulación progresiva de materiales fragmentarios (cenizas, bloques, etc.) que por sus características físicas favorecen la inestabilidad de los terrenos en áreas aledañas al aparato volcánico.

d) Factores antrópicos (actividad del hombre)

Todos los fenómenos descritos anteriormente forman parte del natural equilibrio geológico y que puede romperse con la actividad constructiva y destructiva del hombre. Entre las que se pueden mencionar: construcción de carreteras y puentes, explotación de tajos, desarrollos urbanísticos, rellenos mal hechos, corte en el perfil natural de laderas, deforestación: prácticas agrícolas deficientes en la conservación de suelos, entre otros. Todo esto promueve procesos de inestabilidad en suelos, que en cierta medida son vulnerables a esta clase de fenómenos y que tienen graves consecuencias en el futuro.

Dependiendo de la velocidad, los deslizamientos se pueden clasificar en: rápidos y lentos.

a) Rápidos: alcanzan velocidades hasta de metros por segundo, y se pueden originar en zonas con pendientes muy fuertes y empinadas, donde domina la caída de rocas y residuos que se acumula formando un talud, o se puede producir al deslizarse una gran masa en minutos o segundos. Entre ellos tenemos: desprendimientos y flujos de lodo.

b) Lentos: las velocidades son del orden de centímetros o metros por año. Se caracterizan por transportar gran cantidad de material.

Evidencias que muestran la presencia de un deslizamiento lento son: la inclinación de los árboles a favor de la pendiente, la inclinación de las cercas, el agrietamiento de casas, etc.

Los efectos más importantes de los deslizamientos son:

- Ruptura o agrietamiento del suelo
- Erosión intensa
- Sepultamiento de infraestructura
- Pérdidas de vidas
- Derrumbes
- Represamiento y generación de embalses en cauces fluviales con desarrollo de eventuales avalanchas de lodo y rocas (Comisión Nacional de Emergencias, 1996).

2.6 Degradación en los suelos de los bosques tropicales por el cambio de uso

los suelos bajo cobertura vegetal adecuada y el bosque en especial, poseen características que favorecen la infiltración del agua y reducen la erosión; tales características son: buena estructura granular del suelo, canales hechos por raíces y la actividad biológica que ayuda a la percolación (especialmente canales dejados por raíces muertas), una constante producción e incorporación de materia orgánica a las capas superficiales del suelo por las raíces (Solís, 1996).

Cuando el bosque es alterado, los procesos de transferencias de nutrimentos a las raíces, mineralización, evapotranspiración, descomposición de materia orgánica y circulación de nutrimentos se modifican. Además de las variaciones en los procesos de ciclaje de nutrimentos, la alteración drástica del bosque afecta las propiedades del suelo y las condiciones microclimáticas. Esta alteración trae como resultado, a mediano y largo plazo, una disminución en la obtención de nutrimentos y aumentos en el flujo del agua superficial que favorece el lavado de los mismos en el ecosistema Cubero (2001).

Según investigaciones de Hamilton (1983), está bien establecido que la infiltración, almacenamiento y descarga de agua, el desprendimiento, transporte, y deposición de las partículas del suelo, y el ciclaje de nutrientes dependen de las interacciones complejas entre la topografía, clima, suelo, geología, vegetación, y manejo de los sistemas naturales.

La conversión del uso de la tierra de bosques a pastos y cultivos en conflicto con el uso potencial recomendable ha activado procesos de degradación de las cuencas, con erosión en las laderas y su eventual deposición en las planicies, alteración de la calidad del agua y alteración cuantitativa del ciclo hidrológico. Entre las consecuencias negativas se pueden destacar el incremento de los caudales máximos, que agravan los fenómenos de inundación, socavación de cauces y puentes, contaminación, erosión, sedimentación y pérdida de fertilidad (Instituto Costarricense de Electricidad, 1998).

En el cuadro 1 se muestran algunos resultados de estudios realizados por Hamilton (1983) sobre los efectos del cambio de uso los bosques sobre la erosión, sedimentación, compactación y descarga de nutrientes:

Cuadro 1. Efectos de la remoción de la capa orgánica sobre la capacidad de infiltración

Horizonte del suelo	Tasa de infiltración sin remoción de la capa orgánica (mm/min)	Tasa de infiltración con remoción de la capa orgánica (mm/min)
H	120	2
A1	60	0
A2	14	4
B	5	3

Fuente: Hamilton, 1983.

El cuadro 1 muestra que el eliminar la capa orgánica del suelo disminuye fuertemente la tasa de infiltración en todos los horizontes del suelo. Estos resultados, una vez más, confirman la bien conocida función de la materia orgánica forestal para captar agua temporalmente y liberarla gradualmente al suelo, lo cual mejora la humedad del suelo y la capacidad de infiltración. En caso de la ausencia de hojarasca, las gotas de lluvia compactan el suelo, reduciendo la capacidad de infiltración. Si la remoción de la hojarasca afecta los niveles de agua subterránea, su efecto, por lo tanto, sería similar a una disminución del agua.

2.6.1 Erosión y sedimentación

La remoción de la cubierta vegetativa en tierras de laderas, específicamente hablando sobre la tala del bosque, cultivar el suelo y cosechar el producto, tiene como resultado la erosión del suelo por el agua. El método que se emplea para cortar el bosque y convertirlo en un cultivo tiene mucha significancia en las tasas de erosión (Hamilton, 1983).

Otro factor que influye en la erosión es el usar métodos mecanizados, tanto en la remoción de los árboles tumbados, como en el cultivo de la nueva especie, aún cuando se hallan construido terrazas como obras de conservación de suelo, para minimizar la erosión. Hay evidencias que usando prácticas manuales para la limpieza del terreno, la tasa de erosión es menor. La sedimentación ocurrida, además de la pérdida de suelo y nutrientes, acarrea pesticidas, patógenos, metales pesados y materia orgánica e inorgánica asociada con actividades agrícolas (Hamilton, 1983).

La erosión no es usualmente un proceso importante en bosques vírgenes, pero cuando se da el aprovechamiento, la erosión aumenta marcadamente. Esto es debido principalmente al disturbio del suelo ocasionada por la extracción del material cortado. En otras palabras, la erosión no aumenta si el material es cortado y dejado en el sitio, o caminos. La pérdida de las raíces de los árboles parece ser un factor dominante en los deslizamientos. La manera en la cual los árboles son removidos, incluyendo leña, construcción de caminos, ciertamente produce la más seria y adversa consecuencia en la cuenca, por el aprovechamiento. La causa principal para que se produzca una alta tasa de erosión en estos sitios es cuando se construyen los caminos, ya que la tasa de infiltración disminuye por compactación y la tasa de escurrimiento aumenta. Lo mismo sucede si la forma en que se extraen los árboles es mecanizada y no por bueyes (Hamilton, 1983).

2.6.2 Efectos de los pastizales

La mayoría de las pasturas en América Central son hechas en tierras de vocación forestal, lo cual significa una quema anual o periódica y una remoción gradual de los árboles. El impacto del pastoreo dependerá de la cantidad de cabezas de ganado (intensidad) con relación a la capacidad de carga del área. La compactación del suelo por los animales reduce la infiltración y esto podría afectar los asentamientos del agua subterránea negativamente (Hamilton, 1983). El cuadro 2 presenta datos del efecto de la pendiente y el pastoreo sobre la tasa de infiltración.

Cuadro 2. Erosión superficial y tasas de infiltración en pastizales

Pendiente	Pastos (vacas/día)	Profundidad de erosión en 5 años (mm)	Tasa de infiltración	
			Antes del pastoreo (mm/h)	Después del pastoreo (mm/h)
0°-10°	31- 40 (liviano)	15.7	205	49
	55-70 (pesado)	18.5	200	44
20°-40°	31- 40 (liviano)	26.1	285	137
	55-70 (pesado)	40.5	357	158
> 40°	No pastos	14.9	365	353

Fuente: Hamilton, 1983.

2.7 Evaluación de tierras por capacidad de uso

El proceso de planificación tendiente al desarrollo de sistemas agropecuarios sostenibles requiere de un adecuado inventario de los recursos suelo y clima que, en forma integral, pueden combinarse para establecer un sistema de capacidad de uso de las tierras. Este sistema deberá clasificar las tierras en grupos que reflejen el uso más intensivo y sostenible al que puede someterse una determinada área de terreno (Cubero, 2000).

2.7.1 Consideraciones para una evaluación de tierras

La evaluación de tierras puede referirse a su producción actual. Sin embargo, con frecuencia, una evaluación supone cambios y busca también estimar sus efectos. Estos cambios se dan en el uso de las tierras y, en algunos casos, constituyen alteraciones mayores de las tierras mismas. En una evaluación de carácter amplio, la cual se refiere no solamente al suelo si no a las tierras en general, se toma en consideración la economía de las empresas propuestas, las consecuencias sociales para las zonas del país en cuestión y las consecuencias para el medioambiente. La evaluación debe dar respuesta a interrogantes como las siguientes:

- ¿De qué manera se manejan actualmente las tierras y qué sucederá si no se modifican las prácticas actuales?
- ¿Cuáles mejoras podrían introducirse en las prácticas de manejo de tierras, en el contexto de su uso actual?
- ¿Cuáles otros usos de la tierra son física, económica y socialmente posibles?
- ¿Cuáles de estos otros usos ofrecen posibilidades de una producción sostenible y quizás, otros beneficios?
- ¿Cuáles efectos negativos: físicos, económicos o sociales están asociados con cada uso?

- ¿Cuáles insumos recurrentes son necesarios para lograr la producción deseada y reducir los efectos adversos? (Richters, 1995).

2.7.2 Relaciones entre las unidades de mapeo y la clasificación por capacidad

Unidad de mapeo: es una porción del paisaje suelo que tiene características similares y cuyos límites son fijados por medio de definiciones precisas. Dentro de las limitaciones cartográficas, y considerando el propósito de mapa, la unidad de mapeo es una unidad sobre la cual pueden hacerse el mayor número de predicciones y consideraciones (Cubero 2001).

Unidades de capacidad: es un agrupamiento de una o más unidades individuales de mapeo que tienen potenciales similares, así como limitaciones y riesgos permanentes. Los suelos en una unidad de capacidad son suficientemente uniformes para: a) producir clases similares de cultivos y pastos con tratamientos similares al manejo, b) requieren tratamientos conservacionistas y de manejo similares bajo la misma clase y condición de cubierta vegetal y c) tienen productividad potencial comparable (Cubero, 2001).

Subclase de capacidad: las subclases de capacidad son grupos de unidades de capacidad que tienen los mismos problemas principales de conservación tales como: erosión y escurrimiento, exceso de agua, limitaciones de la zona radicular, limitaciones climáticas (Cubero, 2000).

Clases de capacidad: las clases de capacidad son grupos de subclase o unidades que presentan el mismo grado relativo de riesgos o limitaciones. Los riesgos de daños al suelo, o limitaciones del suelo en cuanto al uso. Las clases van desde la I la cual no tiene ninguna limitante, hasta la VIII que son tierras con graves limitaciones no aptas para la agricultura (Cubero, 2000).

2.8 Antecedentes de investigaciones realizadas en la cuenca de Tuis

En la cuenca se han realizados diferentes investigaciones sobre evaluación de la erosión hídrica, sistemas agroforestales, estudios socioeconómicos, análisis de las inundaciones y deslizamientos, las cuales han sido documentadas en una base de datos computarizadas de la Biblioteca Orton.

Obando (1995) realizó un resumen de las principales investigaciones realizadas en la cuenca:

- Beer (1979) describió las prácticas agroforestales tradicionales, así como los aspectos biofísicos, en las subcuencas Gata-Danta y la Leona. Las asociaciones más importantes fueron laurel (*Cordia alliodora*) con café (*Coffea arabica*) o caña (*Saccharum*

officinarum) o pastos. Con base a mediciones de la escorrentía y erosión concluyo que las especies arbóreas protegen al suelos de la erosión superficial.

- Ugalde (1979) hizo una descripción y evaluación de las prácticas agroforestales en las subcuencas Gata-Danta y la Leona. Las asociaciones más frecuentes han sido laurel y poró con café, caña con laurel y café con poró.
- Bermúdez (1980) delimitó áreas sujetas a erosión laminar en las subcuencas Danta y la Leona y recomienda acciones correctivas para las subcuencas. Considera que el problema de erosión se debe a un uso inapropiado de la tierra.
- Rodríguez (1981) hizo un estudio socioeconómico de fincas localizadas en las subcuencas Danta, Gata y la Leona a través de encuestas. Incluyó aspectos biofísicos. Concluyó que existe un mal aprovechamiento de la tierra, en consecuencia erosión, lavado de suelo, deslizamientos, y además que se carece de asistencia técnica y financiamiento.
- Clarkin (1981) analizó las causas y dio recomendaciones sobre el problema de los derrumbes continuos a las orillas de las quebradas La Leona y La Danta. Puntualizó que las causas de los derrumbes es una combinación de un mal uso de la tierra en una zona geológicamente vulnerable.
- Avendaño y Retana (1982) realizaron un inventario forestal en las subcuencas Gata, Danta y La Leona (en un área de 8.30 km²). De dicho estudio se determinó lo siguiente:
 - ✓ El bosque dominante es secundario e intervenido (diámetro menor a 40 cm) y en fuertes pendientes.
 - ✓ Hay inestabilidad en la parte media de las subcuencas que ocasiona problemas en cuanto a deslizamientos
 - ✓ Uso inadecuado de la tierra y carencia de prácticas adecuadas de protección y conservación.
- Calvo, Herrera y Junkov (1983) analizaron el precarismo en la parte alta de la cuenca del río Tuis, concluyendo que: el uso inapropiado de la tierra (explotación forestal sin ningún control) y la conversión a áreas de cultivos ha producido diferentes formas de erosión (canales o surcos, cárcavas) y sedimentación.

- Ferreiro (1984) formuló un plan preliminar de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Tuis y desarrollo una metodología para su aplicación. Entre las principales actividades ejecutadas en dicha cuenca se mencionan las siguientes:
 - ✓ Reconocimiento de toda la cuenca.
 - ✓ Estudios de las principales características socioeconómicas de la población y su relación con el medio ambiente.
 - ✓ Recopilación de información bibliográfica sobre estudios previos en la cuenca.
 - ✓ Recopilación, análisis y mapeo de las características fisiográficas, climatológicas hidrológicas y de uso actual de las tierras.
 - ✓ Aplicación del plan de la cuenca, tomando en cuenta las limitaciones de información.
 - ✓ Elaboración de planes operativos, sobre el establecimiento de una red hidrológica en la parte superior de la cuenca.

- Bedoya (1984) analizó los factores que influyen en la ubicación de la población en áreas de riesgo de inundación en la cuenca del río Tuis, concluyendo que los habitantes de las zonas de alto riesgo subestiman el peligro de las inundaciones y existe el deseo generalizado de seguir viviendo en la zona.

- Núñez (1995) realizó un análisis semidetallado de la vertiente sur de la cuenca del río Tuis, haciendo su respectiva clasificación taxonómica en base a las características fisicoquímicas de los suelos, concluyendo que la mayoría de estas tierras son para protección del recurso hídrico, siendo las mayores limitaciones la pendiente, la profundidad de los suelos, las altas precipitaciones y la fertilidad.

- Araya (1994) analizó los procesos de remoción en masa de la cuenca del río Tuis, concluyendo que los factores que generan movimientos de tierras están: la pendiente inclinada del terreno, la longitud del terreno, la baja infiltración del agua, la permeabilidad lenta, así como la textura fina (arcillosa en un alto porcentaje), junto con la alta precipitación que recibe la zona, así como actividades humanas de deforestación, cobertura vegetal, la colonización espontánea, la ubicación de las líneas vitales.

- Obando (1995) realizó la modelación hidrológica en las subcuencas La Danta, La Gata y La Leona; concluyó que una precipitación de 154.3 milímetros con un periodo de

recurrencia de 25 años, generando un caudal de 412 m³, puede ser transportado sin desbordamientos en las subcuencas La Danta y La Leona, no así en la subcuenca La Gata, que con un caudal de 12 m³ es desbordable, causando inundaciones en las viviendas aledañas del poblado de La Suiza.

- Pérez (1990) propone lineamientos básicos para facilitar la formulación de estrategias en el manejo sostenible de la cuenca del río Tuis.
- Vargas (1998) estudio el proceso de deterioro de los caminos de lastre en los distritos de La Suiza y Tuis, reportando que en un camino de tierra en pendiente media con un ancho de 7 metros sin mantenimiento de cunetas, se pierde un promedio de 600 t/km/año, recomendando la construcción de un sistema adecuado de drenaje de las carreteras para la reducción de sedimentos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

La unidad de estudio es la cuenca del río Tuis (figura 1). La cuenca mide 76.7 km² y se localiza geográficamente entre los 9° 45' y 9° 53' Latitud Norte, y entre los 83° 33' y 83° 38' Longitud Oeste. El cauce del río divide la cuenca en dos vertientes: norte y sur, con variaciones de altitud que van desde los 600 hasta 1600 msnm. Pertenece al distrito La Suiza, Cantón de Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica.

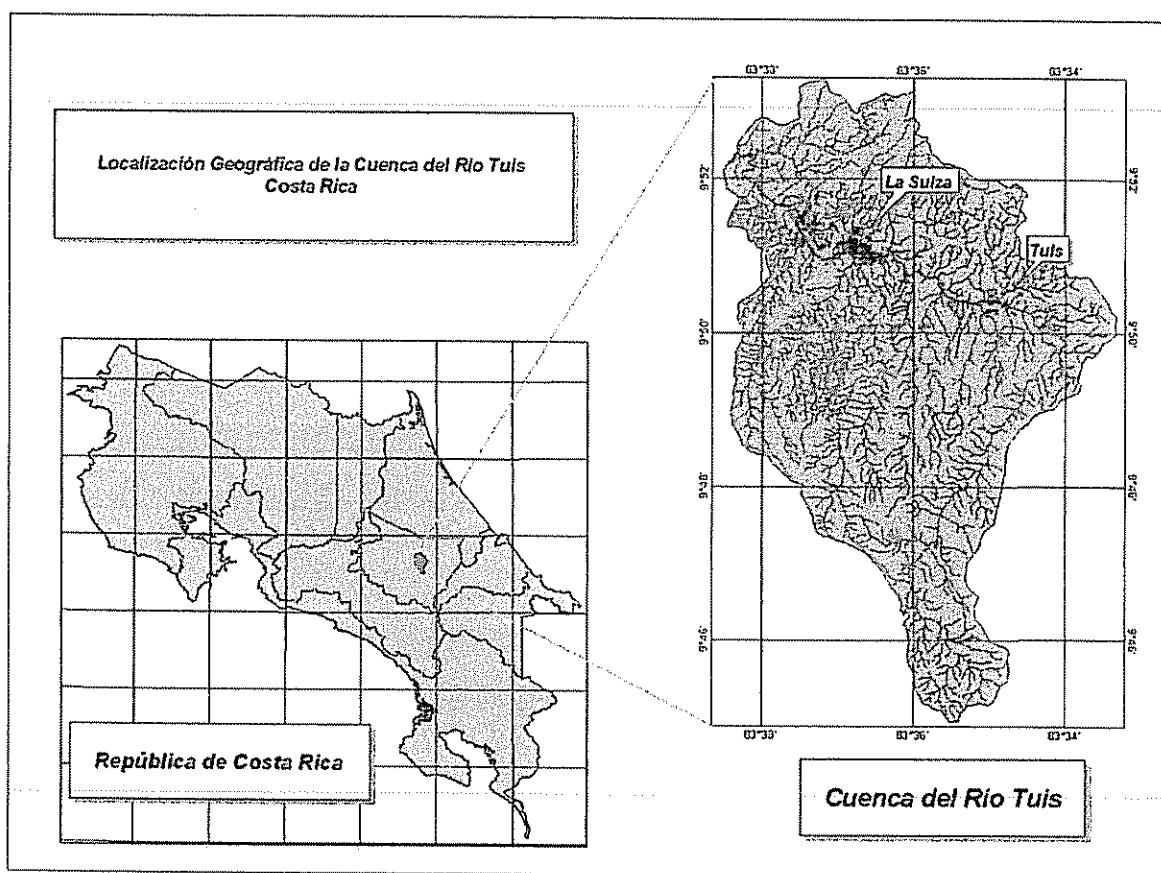


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Tuis, Costa Rica

3.2 Características biofísicas

3.2.1 Geología

Según el mapa geomorfológico del valle central de Costa Rica, documentado por Bergoing y Malavassi (1982), citados por Obando (1995), la cuenca del río Tuis se encuentra dominada por rocas volcánicas y en menor proporción por un estrato sedimentario que aflora en la parte baja de la cuenca y ocupa las planicies del río Tuis y sobre el cual se asienta el poblado de la Suiza. El curso

del río está gobernado por la tectónica del sitio y cuya dirección es noroeste. El estrato sedimentario, en su mayor parte es de origen marino. Sobre él se encuentra material aluvial, producto del arrastre de sedimentos y conglomerados que vienen principalmente del río Tuis y las quebradas La Danta, La Gata y La Leona. En la cuenca se localizan sectores inestables causados por la presencia de rocas volcánicas, pómez y arcilla que yacen sobre roca sedimentaria meteorizada. Las áreas más inestables se localizan sobre las laderas de las quebradas La Leona y La Danta.

3.2.2 Suelos

Según Núñez (1986) y Ferreiro (1984) se distinguen tres órdenes de suelos:

Inceptisoles

Se localizan, principalmente, en la llanura de inundación del río Tuis y constituyen un área pequeña. Son ácidos, de textura franco a franco-arcillosa, buen drenaje y profundos (> 2 m). Han sido formados por aluviones recientes con abundancia de materiales sedimentarios.

Ultisoles

Dominan la mayor parte de la cuenca, son suelos derivados de rocas de origen volcánico. Por lo general son ácidos, arcillosos, de profundidad variable, pedregosos y de baja permeabilidad.

Entisoles

Se encuentran distribuidos en laderas escarpadas de la cuenca superior del río Tuis, así como en su llanura aluvial. Son suelos que varían de franco arenosos a franco arcillosos, con una moderada a buena capacidad de drenaje.

3.2.3 Relieve

La cuenca presenta distintos relieves que van desde ligeramente planos hasta montañosos (Ferreiro, 1984):

Zona ligeramente plana

Se limita entre las cotas 560 y 730 msnm, con pendientes menores al 12.3%, es un área ocupada por terrazas aluviales y planicies de inundación del río Tuis.

Zona de relieve ondulado

Se delimita entre las cotas y 700 y 1000 msnm; se localiza al norte, en las quebradas La Danta y La Leona; las pendientes oscilan de 12.3% al 32.5%.

Zona de relieve montañoso

Se encuentra en diferentes partes y altitudes de la cuenca; las pendientes oscilan entre 32.5% y 50%.

Zonas de relieve escarpado

Se encuentra distribuida en varios sectores de la cuenca, con pendientes mayores al 50%. La altitud del relieve varía desde 560 msnm, en la parte más baja de la cuenca (en la desembocadura del río Tuis), hasta la parte más alta (1980 msnm) en la divisoria de sus aguas (Ferreiro, 1984).

3.2.4 Características climáticas

La precipitación promedio oscila entre los 2500 mm (en la Suiza) y los 5500 mm (en la parte alta del río Tuis). El periodo de enero-abril es el menos lluvioso, siendo marzo el mes más seco; mientras que el periodo lluvioso es de mayo a diciembre, siendo junio el mes más lluvioso, con un promedio de 301 mm (Ferreiro, 1984). La temperatura promedio anual oscila desde 15.4 °C y 23 °C (Pérez, 1990).

3.2.5 Vegetación y Zonas de Vida

Según el sistema de Holdridge citado por Gutiérrez (1987), en la cuenca del río Tuis se han identificado cuatro zonas de vida: a) Bosque Húmedo Tropical Transición a Premontano, que se encuentra en una pequeña porción de la cuenca en la desembocadura del Tuis al río Reventazón, bajo la cota 600 msnm. b) Bosque Muy Húmedo Premontano, que es la zona de vida más extensa de la cuenca; comprende la totalidad de la vertiente norte y las zonas más bajas de la vertiente sur que se caracteriza además por ser mediano y alto, semi-caducifolio, de dos a tres estratos y con unas pocas especies caducifolias en la estación seca (Mora, 1987 citado por Obando, 1995), c) Bosque Pluvial Premontano Siempreverde, de altura baja e intermedia y de dos a tres estratos, se encuentra en la parte sur de la cuenca a alturas mayores a los 1400 msnm. El área está casi permanentemente cubierta por nubes, con altas precipitaciones, d) Bosque Pluvial Montano Bajo Siempreverde de altura baja a intermedia con dos estratos de árboles, situado en el extremo sur de la cuenca, a más de 1600 msnm, con precipitaciones mayores a 4500 mm anuales.

3.3 Características sociales

Población

Según el censo de población y vivienda realizado por la Dirección General de Estadística y Censo (2001), en el año 2000, la población de la cuenca era de 12 532 habitantes, distribuida en los distritos de La Suiza y Tuis, En el cuadro 3 se presenta la población según sexo para ambos distritos.

Cuadro 3. Población de la cuenca del río Tuis, distribuida por distrito y por sexo.

Distrito	Mujeres	Hombres	Total
La Suiza	4 460	4 742	9 902
Tuis	1 289	1 346	2 630
Total	5 749	6 088	12 532

Fuente: Dirección General de Estadística y Censo 2001

Educación

El nivel de educación de la población en la Cuenca de Tuis es predominantemente a nivel de primaria en adultos mayores de 40 años, y mientras que la mayoría de los jóvenes han cursado estudios de secundaria. El porcentaje de analfabetismo para el cantón de Turrialba es de 14.4% y para el distrito la Suiza es de 8.1% .

Salud

Los habitantes de la cuenca del río Tuis, cuentan con una clínica de la Caja del Seguro Social. Ésta atiende los distritos de Tayutic, La Suiza, y Tuis. Cuentan con promotores de salud, que dan la atención por sectores.

Infraestructura

La población de la cuenca del río Tuis, cuenta con la siguiente infraestructura básica: clínica comunal, casas comunales en Tuis y La Suiza, existen un total de 10 escuelas de educación primaria y un colegio agropecuario. También hay servicios de acueducto y energía eléctrica, no cuentan con servicio de alcantarillado de aguas negras, por lo que utilizan fosas sépticas el 75% de la población, y el otro 25% utilizan letrinas o vierten sus desechos directamente al cauce de alguna quebrada.

3.4 Características de los recursos naturales

Recursos forestales

Entre las principales especies forestales de uso comercial están: cedro amargo (*Cedrela mexicana*), maria (*Calophyllum brasiliense*), surá (*Terminalia lucida*), fruta dorada (*Virola Kuschnyi*), laurel (*Cordia alliodora*) y roble (*Quercus brenessi*).

Zonas de protección

En la cuenca hay 1850 ha en calidad de zona protectora, entre las especies de aves están: colibrís, (varias clases), tucanes (*Rapastos spp*), pájaro carpintero (*Champephylus guatemalensis*), perdices (*Crytorellus spp*), golondrinas (*Cypceloides rutilus*), también habitan los siguientes mamíferos: pisotes (*Nassau narica*), armadillos (*Dasyopus novemcincius*), ardillas (*Sciurus spp*) y otras.

Recursos hídricos

Según Obando (1995), la red de drenaje de la cuenca del río Tuis es de orden 3, con una densidad de drenaje de 1.4 km/km². Entre las principales subcuencas están: La Leona, La Danta, La Gata, La Paulina, La Eslabón, ubicadas en la vertiente norte, mientras que en la vertiente sur se localizan las subcuencas La Caledonia, El Silencio, La Solano, La Armado y La Conejo.

Sistemas de producción

Entre los principales sistemas de producción están: café en asocio con frutales, forestales y tubérculos, caña de azúcar y ganadería extensiva.

3.4 Amenazas identificadas

Según la Comisión Nacional de Emergencias de Costa Rica (1997), Tuis y la Suiza forman parte de la lista básica de comunidades nacionales prioritarias bajo influencia de amenazas naturales. Específicamente se identifican como zonas de altísimo riesgo a inundaciones y deslizamientos., la alta densidad de drenajes, la pendiente y la forma de la cuenca contribuyen a tiempos de concentración de caudales cortos, lo que provoca inundaciones en la parte baja de la cuenca ante eventos de precipitaciones extremas. Además, la cuenca también tiene alto riesgo a sismos, ya que existen varias fallas geológicas que atraviesan gran parte de la cuenca, lo que la hace propensa a deslizamientos.

3.5 Estudio de dinámica del uso de la tierra

El estudio de la dinámica del uso de la tierra se basó en los cambios de uso ocurridos en la cuenca de 1961 hasta 1998, disponiendo de información puntual para los años 1961, 1978, 1988 y 1998. Específicamente se contó con la siguiente información:

a) Para determinar el uso de la tierra en 1998, se utilizaron fotografías aéreas del proyecto TERRA 1998, escala 1:40000, Rollo 11 L32 AF 125-120 y Rollo 12 L31 AF 56-51; se realizó una interpretación en pantalla utilizando el programa Arcview, a una escala de 1:3000, con el objetivo de tener una mejor resolución y facilitar la interpretación de las diferentes coberturas (uso actual) presentes en la cuenca.

Para verificar la información de las coberturas digitalizadas en las fotografías de 1998, se realizaron observaciones de campo mediante giras y recorridos por la cuenca, utilizando el mapa de usos y un Georreferenciador (GPS), con el cual se procedió a tomar puntos en una determinada cobertura y se comparó con la digitalización de las fotografías.

b) La información sobre el uso de la tierra en 1988, provino de los datos publicados por Araya (1994), que provienen procesamiento e interpretación de fotografías aéreas.

c) La información sobre el uso de la tierra en 1978 y 1961 se obtuvo de los datos publicados por Bedoya (1982), provenientes también de análisis de fotografías aéreas.

Debido a incompatibilidad entre los mapas de uso de la tierra de los años anteriores, el estudio se tuvo que restringir a la comparación puntual de áreas bajo los diferentes usos, mediante una matriz de cambios gráficos elaborados con el programa Excel, para identificar los cambios de uso de la tierra en las diferentes épocas.

3.6 Estudio de intensidad de uso de la tierra y su contribución a la vulnerabilidad ante inundaciones y deslizamientos

Para la identificación de áreas de uso no adecuado se realizó una sobreposición de mapas de uso actual y capacidad de uso de las tierras, para lo cual fue necesario hacer este último, adaptando la metodología de Costa Rica; ésta se basa en parámetros evaluadores (cuadro 4) que definen las limitantes presentes en una determinada zona, siendo la limitante que presente el mayor valor la que defina la capacidad de uso del suelo; en el anexo 2 se muestra un ejemplo.

Para la elaboración del mapa de capacidad de uso se utilizó como base el análisis semidetallado de los suelos de la zona sur de la cuenca, elaborado por Núñez (1995), ya que en dicho estudio se hace una descripción de las unidades fisiográficas presentes en la Vertiente Sur, donde detalla las características físico químicas del suelo.

Con el objetivo de complementar la vertiente norte de la cuenca se hicieron algunos muestreos, y se consultaron los mapas elaborados por La Fundación Neotrópica, para la determinación de las tierras de uso forestal de Costa Rica (1997).

Los muestreos se realizaron tomando una muestra por km², entre el equipo utilizado esta: el manual de bolsillo para la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, libreta de apuntes, un barreno graduado para medir la profundidad efectiva y tomar muestras de textura y del suelo, un georreferenciador (GPS), para ubicar los puntos muestreados.

La textura se evaluó al tacto realizando determinaciones a dos profundidades de 0 – 20 centímetros y de 30 – 60 centímetros

Para el parámetro de pendiente se utilizó el mapa de pendientes, generado a partir de las curvas a nivel.

Los datos de fertilidad fueron obtenidos por los análisis de suelos proporcionados por Coopesuiza, evaluándose la suma de bases extraíbles y la saturación de acidez.

La pedregosidad y erosión se evaluaron en forma visual, basados en los parámetros de la metodología de Costa Rica.

En el anexo 2 se muestra un ejemplo para la determinación de la capacidad de uso de las tierras detalladas hasta unidades de manejo.

Cuadro 4. Parámetros evaluadores de la capacidad de uso de las tierras metodología de Costa Rica, modificada* para la cuenca del río Tuis, Costa Rica

Parámetro	Símbolo
Pendiente	e_1
Grado de erosión sufrida por el suelo	e_2
Profundidad del suelo	s_1
Textura	S_2
Pedregosidad	S_3
Fertilidad	s_4
Drenaje	d_2
Riesgo de inundación	d_2
Zonas de vida	c_1
Época seca	c_2
Nubes	c_3

Fuente Cubero, 2000.

* No se evaluaron los parámetros toxicidad por cobre y salinidad, por considerarse la zona sin aplicaciones excesivas de productos cúpricos y la no existencia de áreas de riego superficial, respectivamente.

Una vez finalizado el mapa de capacidad de uso con el programa Arview, se procedió a realizar la sobreposición de mapas (Uso de la tierra 1998 versus Capacidad de uso), para identificar la intensidad de uso de las tierras, donde se evaluó:

Uso adecuados: aquellas áreas donde la cobertura presente esta acorde a las características fisicoquímicas del suelos, y por tanto no contribuye a su degradación.

Subuso: son áreas donde el uso del suelo puede ser más intensivo, y que sin embargo, en la actualidad no están siendo aprovechados desde el punto de vista económico.

Sobreuso: son áreas que por sus características fisicoquímicas no pueden ser cultivadas, pero que en la actualidad existen explotaciones agrícolas, que contribuyen a su degradación.

Para la identificación de las áreas se utilizó la matriz que se presenta en el cuadro 5

Cuadro 5. Matriz para evaluar la intensidad de uso del suelo en la cuenca del río Tuis.

Clase	Intensidad de uso							
	Bosque	Tacotal	Suelo desnudo	Café diversificado	Caña de azúcar	Macadamia	Pasto	Potreros arbolados
III	Subuso	Subuso	Subuso	Uso adecuado	Uso adecuado	Uso adecuado	Uso adecuado	Uso adecuado
IV	Subuso	Subuso	Subuso	Uso adecuado	Uso adecuado	Uso adecuado	Uso adecuado	Uso adecuado
V	Subuso	Subuso	Subuso	Sobre uso	Sobre uso	Sobre uso	Uso adecuado	Uso adecuado
VI	Subuso	Subuso	Subuso	Uso adecuado	Uso adecuado	Uso adecuado	Sobre uso	Uso adecuado
VII	Uso adecuado	Uso adecuado	Sub uso	Sobreuso	Sobreuso	Sobreuso	Sobreuso	Sobreuso
VIII	Uso adecuado	Uso adecuado	Sub uso	Sobreuso	Sobreuso	Sobreuso	Sobreuso	Sobreuso

Fuente: Cubero 2001. Apuntes de clases del curso Planificación y Uso de la Tierra, 2001.

3.7 Caracterización de sistemas de producción presentes en la cuenca

El objetivo de caracterizar los sistemas productivos de la cuenca fue para evaluar si la forma de manejo de estos pueda influir provocando deslizamientos e inundaciones. Los sistemas evaluados fueron: café y sus diferentes socios, caña de azúcar y la ganadería extensiva.

La caracterización de los sistemas se realizó a través de entrevistas y talleres participativos con los diferentes productores de las comunidades de La Suiza, El Silencio, Las Nubes, San Antonio y Canadá. Las preguntas planteadas fueron:

- ¿De qué manera se manejan actualmente las tierras y que sucederá si no se modifican las prácticas actuales?
- ¿Cuáles mejoras podrían introducirse en las prácticas de manejo de tierras, en el contexto de su uso actual?
- ¿Cuáles efectos negativos: físicos, económicos o sociales están asociados con cada uso?

Se evaluó las formas de manejo, prácticas de cultivo, la implementación de obras de conservación, la asistencia técnica y las problemáticas enfrentadas en los sistemas productivos. Para ello se aplicaron las técnicas de entrevistas y testimonios dirigidas a los productores (anexo 2). Estas

técnicas de testimonios y entrevistas se combinaron con observaciones directas y recorridos por la finca, donde se constató la forma de trabajo en el campo y los insumos utilizados.

Para enriquecer el resultado de las entrevistas y testimonios se utilizaron las siguientes herramientas y procedimientos de comunicación en reuniones grupales (Gelfius, 1998):

- Elaboración del calendario agrícola: los habitantes de la comunidad describieron la secuencia de actividades en el tiempo, ayudando a captar el sistema de planeación y organización de la comunidad
- Técnica del mapeo, donde el agricultor plasma la situación actual de la finca como fuentes de ingreso, cultivos y sus proyecciones futuras.

3.8 Identificación de factores que contribuyen a identificar el nivel de vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos

3.8.1 Indicadores sin escala numérica

a) Identificación de áreas de riesgo a deslizamientos

En la presente investigación se evaluó la vulnerabilidad biofísica a los deslizamientos con respecto a la ubicación de viviendas y uso del suelo en áreas de alto riesgo a dichos eventos, mediante los siguientes indicadores.

1) Ubicación de las viviendas

Para ubicar las viviendas en alto riesgo de ser afectadas por deslizamientos, se recabó la experiencia y conocimientos de los habitantes, así mismo se realizaron recorridos de campo y evaluaciones de dichas áreas en compañía de algunos miembros de los comités de emergencia de la Suiza y Canadá. Con ayuda de un GPS se ubicaron las coordenadas de los sitios con problemas de deslizamientos, para su identificación posterior en un mapa de vulnerabilidad a deslizamientos.

2) Ubicación de los cultivos

Este aspecto se evaluó por su contribución a la erosión, degradación del suelo y la sedimentación de los cauces, así como por su efecto sobre la vulnerabilidad económica al perder valor las parcelas de los productores de dichas áreas. Para la ubicación de los cultivos se utilizó el mapa de pendientes y el mapa de cobertura de uso de 1998 y los criterios que se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Criterios para evaluar cultivos en riesgo a deslizamientos según la cobertura y la pendiente del suelo

Indicador	Efecto	Grado
Área de los cultivos en pendientes mayores al 50%.	El aumento de deslizamientos en áreas cultivadas, perjudica económicamente a sus propietarios.	Alto riesgo

b) Áreas de riesgo a inundaciones

La vulnerabilidad biofísica a las inundaciones se evaluó de acuerdo a la ubicación de viviendas, según se describe a continuación:

Las zonas de riesgo a inundaciones se identificó con base en informes históricos proporcionados por los habitantes, la Comisión Nacional de Emergencia e investigaciones de eventos máximos que han causado daños a las diferentes poblaciones ubicadas en las riveras del río Tuis y las quebradas tributarias a éste y recorridos por dichas zonas, en coordinación con los comités de emergencia locales. Las áreas identificadas como vulnerables se plasmaron en un mapa.

3.8.2 Indicadores con escala numérica de vulnerabilidad

Para los factores ambientales, estructurales y socioeconómico se diseñó una escala para evaluar la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones. Dicha escala tiene las denominaciones y valores numéricos que se indican en el cuadro 7, para cada variable o indicador considerado.

Cuadro 7. Escala de evaluación de la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones

Nivel valorativo	Calificación
Muy Alta (MA)	4
Alta (A)	3
Media (M)	2
Baja (B)	1
Muy baja o nula (MB)	0

A. Factor ambiental

Para evaluar el factor ambiental de la cuenca, y si la intervención del hombre a través de uso de los recursos naturales, está contribuyendo a la amenaza de deslizamientos e inundaciones; se evaluaron tres aspectos: el porcentaje de deforestación, las áreas de cultivos en pendientes de alto riesgo y la

aplicación de prácticas de conservación de suelos, según la escala de valoración y calificación presentada en el cuadro 8.

Deforestación

Fue evaluada a partir de los datos suministrados por el mapa de cobertura 1998, para lo cual se consideró como indicadores el porcentaje de deforestación presente en la cuenca utilizado por Cáceres (2001), en su trabajo de investigación sobre metodología de evaluación de vulnerabilidad en cuencas.

Áreas de cultivo en sobreuso

Para analizar y evaluar este indicador se utilizó el resultado de la sobreposición de mapas de cobertura de uso para 1998 y el mapa de capacidad de uso de las tierras según la metodología de Costa Rica.

Implementación de obras de conservación de suelos

Se evaluó a través de los talleres participativos y visitas a productores, así como entrevistas a los técnicos de Coopesuiza, donde se les preguntó sobre el tipo de obras y prácticas que realizan, la asistencia técnica que reciben, de quién la reciben, etc.

Cuadro 8. Indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad ambiental

Indicador	Efecto	Descripción	Nivel	Valor
Porcentaje de área deforestada	El bosque actúa como un regulador de los procesos hidrológicos en las cuencas; al existir una mayor deforestación, menos cantidad de lluvia es infiltrada e interceptada, escurriendo superficialmente y aumentando el riesgo de deslizamientos e inundaciones.	>60	MA	4
		46-60	A	3
		31-45	M	2
		16-30	B	1
		0-15	MB	0
Porcentaje de área de cultivos sobreuso	El sobreuso de las tierras es un factor de susceptibilidad a deslizamientos y a la vez tiene relación directa con los niveles de escorrentía y sedimentación de los cauces. áreas de cultivo en pendientes fuertes y suelos superficiales favorecen las inundaciones y deslizamientos.	>40	MA	4
		31-40	A	3
		21-30	M	2
		11-20	B	1
		0-10	MB	0
Porcentaje de agricultores que aplican prácticas de conservación de suelos	Para el manejo sostenible de los suelos y la prevención de la erosión, deslizamientos, sedimentación de cauces, etc., es fundamental la aplicación de prácticas de conservación de suelos.	<15	MA	4
		16-30	A	3
		31-45	M	2
		46-60	B	1
		>60	MB	0

B. Factor infraestructura (estados de los puentes)

Este aspecto se evaluó mediante recorridos por la zona de ubicación de los puentes y los criterios emitidos por miembros de los comités de emergencia y habitantes de la zona. En el cuadro 9 se muestran los criterios de evaluación de la vulnerabilidad para este indicador.

Cuadro 9. Indicador para la evaluación estado de los puentes principales

Indicador	Efecto	Descriptor	Grado	Valor
Porcentaje de los principales puentes de comunicación que están en mal estado y no cumplen los requisitos técnicos de construcción y mantenimiento.	Los puentes son parte de la infraestructura vial indispensable para asegurar la movilización y transporte de personas, alimentos, materiales, producción, etc. Es necesario un buen diseño y mantenimiento de los mismos para reducir riesgos de incomunicación	81-100	MA	4
		61-80	A	3
		41-60	M	2
		20-40	B	1
		0-20	MB	0

C. Factor social

En las comunidades identificadas biofísicamente como áreas de alto riesgo de sufrir inundaciones o deslizamientos (La Suiza, Canadá, La Selva, Barrio San Antonio, caserío Oswaldo Molina y Tuis) se evaluó el grado de preparación de las comunidades para afrontar dichos eventos, a través de indicadores socioeconómicos.

Es importante mencionar que el levantamiento de la información se desarrolló en forma coordinada con los comités de emergencias locales y directivas comunales de Tuis, Canadá y La Suiza. Entre las herramientas utilizadas están:

- a) Talleres participativos. Con el objetivo de conocer la problemática vivida cuando ocurren inundaciones, en las comunidades de la Suiza, Canadá, Tuis y los caseríos de San Antonio y La Selva. Se evaluó el nivel de percepción de los habitantes sobre la recurrencia de las inundaciones, las causas y efectos, así como sus experiencias y estrategias de sobrevivencia ante tales eventos.
- b) Diálogo semiestructurado: se utilizó para recolectar información específica sobre La organización comunal. Se aplicó una entrevista (anexo 4) para recolectar los datos que permitieran responder a los indicadores propuestos para evaluar la organización local, dirigida a las Juntas Directivas y Comités de Emergencia de Tuis, Canadá y La Suiza. Se evaluó la legalidad,

funcionamiento, nivel de incidencia en sus pobladores y grado de coordinación de las organizaciones locales e Instituciones regionales y nacionales.

c) Entrevistas a grupos familiares

Para recolectar información específica que ayudara a evaluar el nivel socioeconómico de los habitantes identificados en mayor riesgo de sufrir inundaciones y deslizamientos, se elaboró una entrevista abierta (Anexo 5) dirigida a una muestra de 45 hogares. La selección de la muestra se hizo en forma sistemática, dirigidas a los hogares ubicados cercanos a ríos y quebradas y a zonas de deslizamiento. La información fue suministrada por los comités de emergencias locales, los cuales identificaron viviendas en alto riesgo que han sufrido daños de deslizamientos en el terremoto de Teliré-Limón (1991): el caserío Oswaldo Molina en Canadá y el caserío La Leona en La Suiza; y daños por inundaciones, entre ellas, las viviendas que se han visto afectados por desbordamientos de la quebrada Armado, La Leona, la Gata y el río Tuis. El cuestionario contempla los siguientes aspectos:

- Información general: se recabó información sobre dirección de la vivienda, tamaño del grupo familiar y fecha de llegada a la comunidad.
- Información social: se evaluó el grado de escolaridad del grupo familiar, fuentes de ingreso, forma de tenencia de las viviendas, instituciones que les han dado ayuda para la adquisición de la vivienda o el lote, tenencia de tierras para cultivo.
- Información específica sobre los eventos: se evaluó la frecuencia de las inundaciones o deslizamientos que han causado daños a las viviendas o a la comunidad, problemas causados a las familias, instituciones y organismos que prestan ayuda en dichos eventos, el tipo de asistencia dada, la existencia de la organización local y sus funciones, la integración de los habitantes en dichas organizaciones locales, si han recibido algún tipo de capacitación para la prevención y mitigación de dichos eventos, estrategias del grupo familiar para sobreponerse ante dichos eventos, datos biofísicos sobre distancia de las viviendas al río, infraestructuras dañadas, también se recabó información sobre salubridad y datos ambientales y de ordenamiento urbano.

Para la identificación de los aspectos más relevantes y que están directamente relacionados con la vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades en áreas de riesgo se seleccionaron:

1. Calidad de vida: se consideró que la calidad de vida de los habitantes tiene relación directa con su capacidad para afrontar un evento; se evaluaron los aspectos presentados en el cuadro 10.

Cuadro 10. Indicadores para la evaluación de la calidad de vida como factor contribuyente a la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos

Variable	Indicador	Efecto	Descriptor	Nivel	Valor
Económica	Salarios de los habitantes de las áreas de riesgos	A menor ingreso y capacidad monetaria, existe menos posibilidad para afrontar un evento desastroso.	0-50.000	MA	4
			50.000 -100.00.	A	3
			101.000 - 50000	M	2
			151.000-200.000	B	1
			>200.000	MB	0
Educación	Porcentaje de la población en áreas de riesgo que tienen educación secundaria	Si no existe o es bajo el nivel educativo en la población existe menos capacidad en organización y gestión, para afrontar un evento.	0-20	MA	4
			20-40	A	3
			41-60	M	2
			61-80	B	1
			>80	MB	0
Salud	Porcentaje de la población que tiene acceso a los servicios de salud	Si la población no cuenta con servicios de salud, aumenta su vulnerabilidad ante desastres como las inundaciones y los deslizamientos	0-20	MA	4
			21-40	A	3
			41-60	M	2
			61-80	B	1
			80-100	MB	0
Tenencia de activos	Porcentaje de la población que es propietaria de tierra	Si la población no cuenta con activos, que le permita solventar cualquier emergencia, es más vulnerable a los desastres.	0-20	MA	4
			21-40	A	3
			41-60	M	2
			61-80	B	1
			80-100	MB	0

2. Organización local: este aspecto evaluó el grado organizativo y nivel de preparación que tienen los habitantes para hacerle frente eventos de inundación y deslizamientos. En el cuadro 11 se presentan los indicadores seleccionados para evaluar la vulnerabilidad en este aspecto.

Cuadro 11. Indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad del nivel organizativo local ante inundaciones y deslizamientos.

Indicador	Efecto	Descriptor	Grado	Valor
Número de organizaciones locales presentes en la cuenca, que velan por el desarrollo comunal y su legalidad.	Si existen muchas organizaciones locales legalmente constituidas en función del desarrollo local y la prevención y mitigación de desastres, existe la posibilidad de reducir la vulnerabilidad ante ese tipo de eventos, a través de la gestión ante entidades competentes	0	MA	4
		1	A	3
		2	M	2
		3	B	1
		4 ó +	MB	0
Porcentaje de la población con disposición a colaborar en actividades locales de desarrollo	La disposición de los habitantes a colaborar en el desarrollo comunal es un factor que reduce la vulnerabilidad	0-20	MA	4
		21-40	A	3
		41-60	M	2
		61-80	B	1
		81 ó +	MB	0
Porcentaje de las organizaciones locales, regionales y nacionales que coordinan.	Entre mayor coordinación, apoyo y acciones conjuntas hayan, se favorecen el desarrollo y fortalecimiento comunal.	0-20	MA	4
		21-40	A	3
		41-60	M	2
		61-80	B	1
		81-100	MB	0
Porcentaje de comités de emergencia locales activos.	La existencia de comités de emergencia locales activos es un indicativo del interés de la comunidad en sus problemas, además que permite prepararse y responder de manera más oportuna ante la ocurrencia de desastres.	0-20	MA	4
		21-40	A	3
		41-60	M	2
		61-80	B	1
		81-100	MB	0
Porcentaje de habitantes de las zonas de riesgo que reconocen las organizaciones locales.	El reconocimiento de los vecinos de las comunidades en riesgo de las organizaciones locales, es fundamental para la planificación y realización de actividades prevención y mitigación ante desastres naturales.	0-20	MA	4
		21-40	A	3
		41-60	M	2
		61-80	MB	1
		81-100	B	0

3. Capacitación: se evaluó el nivel de preparación y formación de los habitantes, a través del nivel y frecuencia de capacitación de los habitantes de las áreas de riesgo en la prevención y mitigación de desastres. En el cuadro 12 se presentan los indicadores evaluados.

Cuadro 12. Indicadores para la evaluación del nivel de capacitación como medio para reducir la vulnerabilidad a desastres naturales.

Indicador	Efecto	Descriptor	Grado	Valor
Porcentaje de habitantes de las áreas de riesgo que han recibido capacitación sobre la prevención y mitigación de desastres.	Mediante la capacitación, la población está prevenida y en capacidad para afrontar un evento, tienen identificados albergues, así como las provisiones necesarias.	0-20	MA	4
		21-40	A	3
		41-60	M	2
		61-80	B	1
		81-100	MB	0
Porcentaje de la población en área de riesgo que ha recibido capacitación sobre legislación ambiental y de construcción de viviendas.	La capacitación permite elevar el nivel de conciencia de los habitantes sobre la importancia y necesidad construir en áreas menos peligrosas.	0-20	MA	4
		21-40	A	3
		41-60	M	2
		61-80	B	1
		81-100	MB	0

4. **Presencia Institucional:** este aspecto evaluó las instituciones presentes en la cuenca y que tienen relación en la atención, prevención social y biofísica de desastres. En el cuadro 13 se presentan los indicadores considerados.

Cuadro 13. Indicadores para la evaluación de la presencia institucional como vía de reducir la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos

Indicador	Efecto	Descriptor	Grado	Valor
Número de Instituciones presentes.	La presencia institucional es un indicador de la capacidad para apoyar a los habitantes, tanto en el aspecto social (salud, educación, etc.) como en la reconstrucción de la infraestructura.	0	MA	4
		1	A	3
		2	M	2
		3	B	1
		4 ó +	MB	0
Porcentaje de la población que reconoce la presencia de las Instituciones en el apoyo y desarrollo de la comunidad y en la atención de la emergencia ante un evento desastroso.	El reconocimiento local de la presencia institucional es necesario para que exista una adecuada coordinación y apoyo entre Instituciones y población.	0-20	MA	4
		21-40	A	3
		41-60	M	2
		61-80	B	1
		81-100	MB	0

4.5 Estrategias y acciones de manejo de la cuenca

Para proponer estrategias y acciones concertadas con los actores se realizaron talleres participativos, con Instituciones, Comités de Emergencia Locales y Asociaciones de desarrollo de las comunidades de Tuis, La Suiza, Canadá, donde se socializaron los resultados de la investigación con el objetivo de dar soluciones y planteamientos de manejo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan con base a los objetivos propuestos para evaluar los cambios de uso de la tierra y la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis. En cada sección son presentados los resultados obtenidos y su respectivo análisis, para lo cual se presenta la siguiente secuencia: en primera sección se evalúa la dinámica del uso de la tierra en los últimos 40 años, en la segunda sección se presentan las áreas de conflicto de uso desde el punto de vista agrícola, después se caracterizan los sistemas de producción predominantes en la cuenca y sus formas de manejo, áreas de riesgo, luego se presentan los principales factores que contribuyen a la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos y por último las líneas de acción y estrategias propuestas para reducir la vulnerabilidad en la zona.

4.1 Dinámica en el uso de la tierra

Según la interpretación de las fotografías aéreas 1998 (figura 2), en la cuenca existen los siguientes usos: 108 hectáreas en uso urbano, 1213 hectáreas de café, de las cuales 697 hectáreas son parcelas diversificadas con frutales, tubérculos, y maderables como el laurel y las otras 515 hectáreas están en asocio con poró; 765 hectáreas de caña; 1048 hectáreas de pastos, 88.4 hectáreas de tacotal, 4354 hectáreas de bosque, 77 hectáreas de macadamia y 12.7 hectáreas de suelos desnudos.

Al realizar la comparación de cambios de uso en el tiempo en las diferentes épocas (Cuadro 14, Figura 3) se observa el siguiente comportamiento:

- a) Área urbana: ha tenido una tendencia a incrementarse; este aumento se debe al crecimiento poblacional de la zona, en su mayoría inmigrantes. Por ejemplo, se puede destacar que después de la inundación del 70 se han incrementado cordones urbanos a lo largo del cauce del río Tuis, debido a la construcción del dique, lo cual le generó confianza a las personas y fueron poblando esos sitios, por las condiciones favorables con respecto a las vías de comunicación y cercanía al pueblo de la Suiza. También, las orillas de la quebrada Armado en la confluencia del río Tuis, fueron pobladas por trabajadores que llegaron en busca de fuentes de empleo como peones de finca y que luego se establecieron en la zona².

² Resultados de talleres participativos en la Suiza y Barrio San Antonio

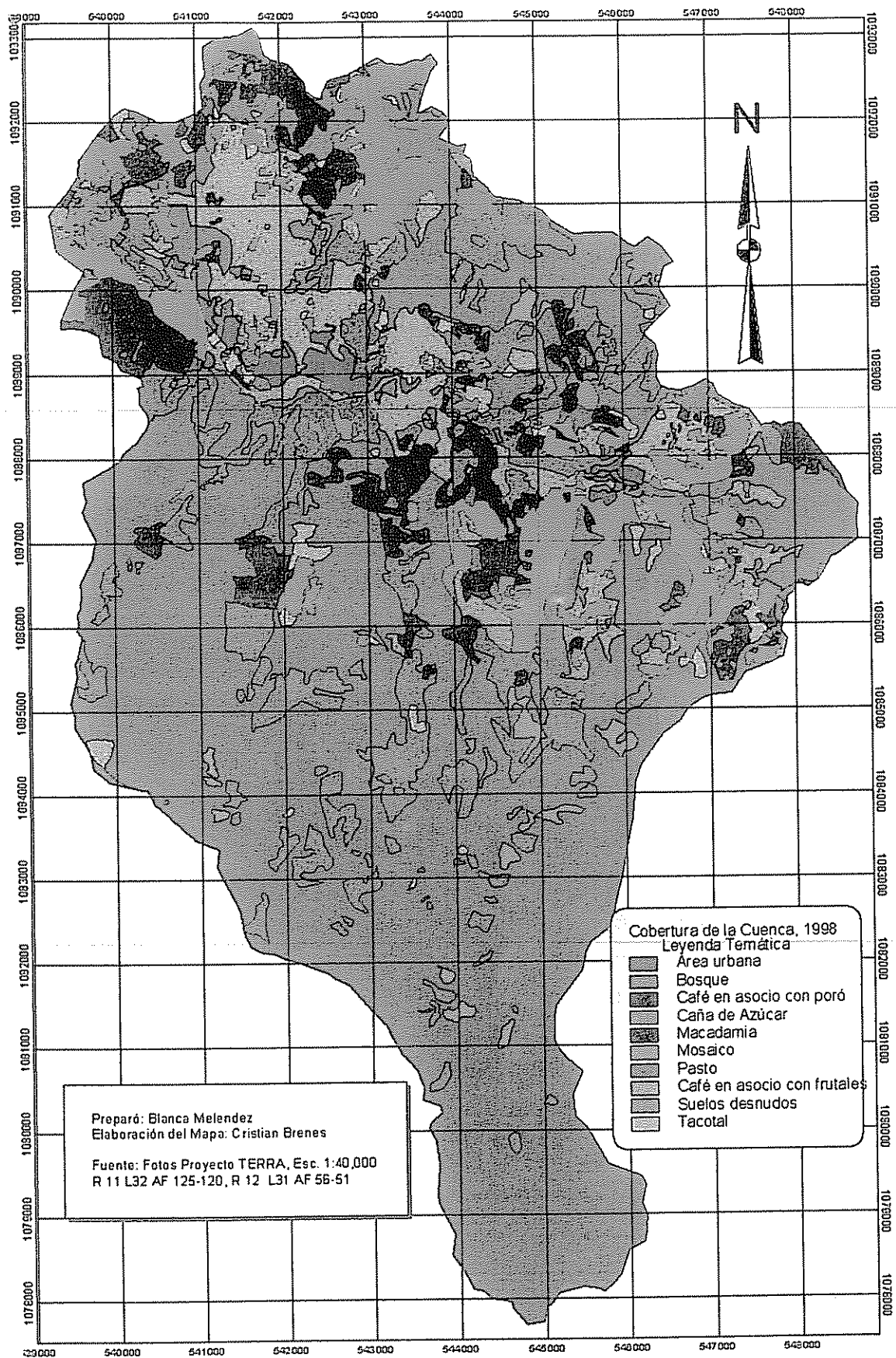


Figura 2. Cobertura de la cuenca del río Tuis, 1998

También en la década de los 80 se establece el asentamiento Abelardo Rojas en Canadá, dirigido a familias con problemas sociales, lo que aumentó la inmigración. Por ejemplo Ferreiro (1982) reporta una población de 5.333 habitantes, mientras que para el año 2000 aumentó a 11.682 habitantes distribuidos en 3110 viviendas (Dirección Nacional de Estadística y Censo, 2001)

b) Café: el área de café en el periodo 1961-1978 tuvo un pequeño aumento de 7.1%, no así en el periodo 1978-1988 que mostró un incremento de 54.5%; este aumento coincide con las épocas de incentivos por parte del Gobierno y los altos precios internacionales del café. Al comparar el periodo 1988-1998 el área de café disminuyó en un 5.4%, lo cual es lógico, ya que en esos últimos años el precio del café tuvo una drástica disminución, lo que desestimuló a los productores a darle mantenimiento al cultivo y en algunos casos llevó al abandono de plantaciones.

Cuadro 14. Dinámica en el uso de la tierra: 1961, 1979, 1988, 1998, en la Cuenca del río Tuis.

Uso	Años							
	1961	%	1979	%	1988	%	1998	%
Área urbana	9	0.12	36	0.48	54	0.71	108	1.41
Café	541	7.05	582.0	7.59	1280	16.71	1212*	15.8
Caña de Azúcar	286	3.73	878	11.46	811	10.58	755	9.97
Pasto	1528	19.93	1528	19.93	1804	23.53	1062.3**	13.83
Tacotal	543	7.09	728	9.49	374	4.87	88.37	1.15
Bosque	4759	62.09	3914	51.06	3342	43.60	4353.95	56.7
Macadámia	-	-	-	-	-	-	77	1.007
Suelos desnudos	-	-	-	-	-	-	13	0.16
Total	7665.7	100	7665.7	100	7665.7	100	7669.8	100

* 515 café con poró + 697 parcelas diversificadas donde el componente principal es café.

** 986 pasto + 77 sistemas de potreros y árboles.

*** Áreas de uso del proyecto angostura.

c) Caña de azúcar: para 1961 el área de este cultivo representaba solamente el 3.73% del área total, sin embargo, este rubro tuvo un incremento de 67.4 % en el periodo 1961-1978, lo que coincide con los precios altos y las garantías de mercado interno y externo prevalecientes en dicha época. Pero en los últimos 20 años, las áreas de caña han tendido a disminuir, pues los bajos precios del azúcar en el mercado Internacional y los altos costos de producción, han incidido para que los agricultores no extiendan las áreas de cultivo.²

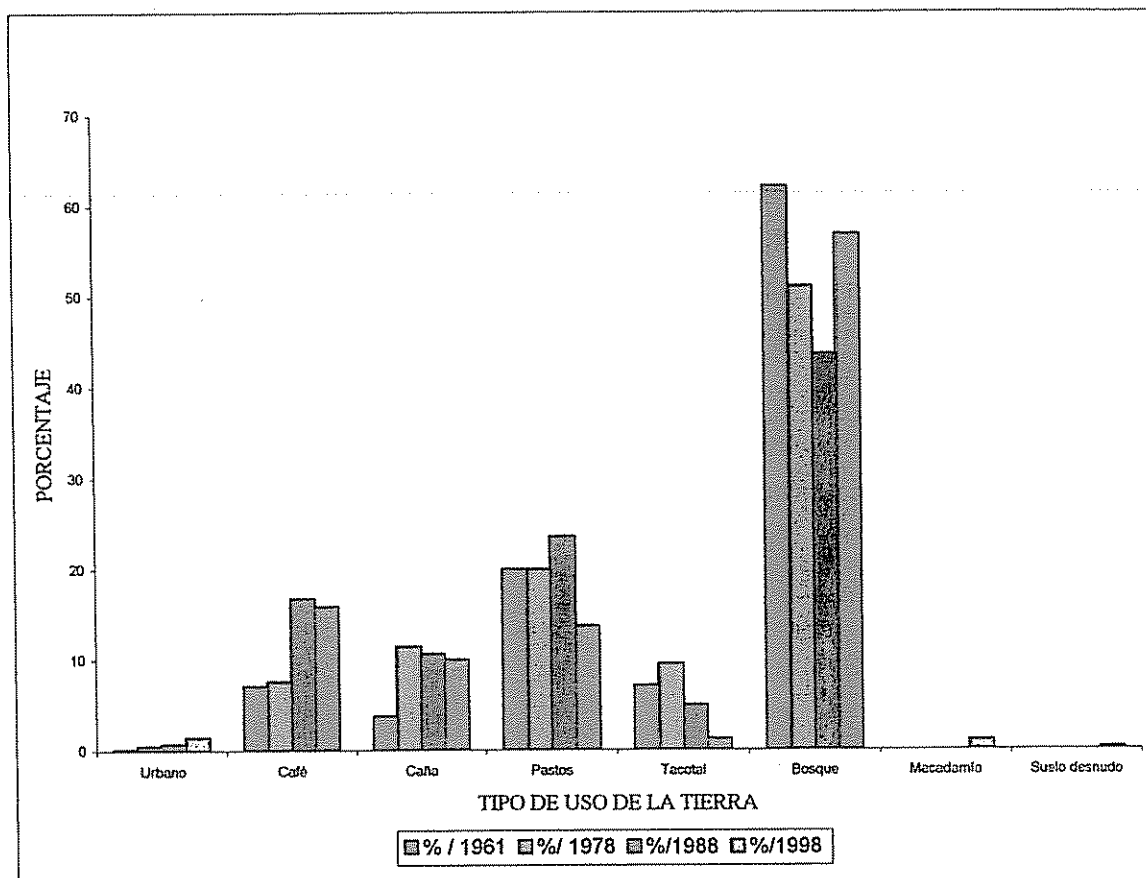


Figura 3. Dinámica en el uso de la tierra en los periodos 1961-1978-1988-1998 en la cuenca del río Tuis, Costa Rica

d) Pasto: antes de 1961 este rubro fue el principal causante de la deforestación del bosque representando el 19.93% del área total de la cuenca en ese año. Esto se explica por las políticas agrarias del gobierno de adentrar obreros a talar el bosque, para convertirlas en tierras productivas (Nygren, 1995). Durante el periodo 1961-1979 no se evidenció ningún cambio, mientras que el periodo de 1979-1988 hubo un aumento de 15.32%, época en la que se adentraron algunos

² Acuña, 2001. Entrevista sobre la problemática productiva en los rubros de caña y café. CNP Turrialba, comunicación personal

periodo de 1979-1988 hubo un aumento de 15.32%, época en la que se adentraron algunos precaristas a la zona sur de la cuenca para limpiar áreas y criar ganado bajo pastoreo (Ferreiro, 1982). En el periodo 1988-1998 el área de pasto disminuyó en 41.12 %, debido a varios factores: lo inhóspito de la zona sur de la cuenca, por sus altas precipitaciones y relieves escarpados y la inaccesibilidad de la zona, lo cual no generaba utilidad a los productores de ganado de engorde; por otra parte el reciente apogeo de políticas y acciones para la protección de los bosques, (decreto de una zona protectora de 1810 ha en la zona sur de la cuenca) y el mayor control por parte de el MINAE, imponiendo multas y denuncias para aquellas personas que degraden la zona³, influyó en esta disminución en área pastos.

e) Tacotal: son aquellas áreas que en un tiempo estuvieron cultivadas y que luego se abandonaron, dando lugar a la regeneración del bosque. Al observar la tendencia en el periodo 1961-1978 existió un aumento de 25.4%, probablemente por la apertura de algunas partes del bosque de la zona sur; con el objetivo de dedicarlas a la ganadería, pero que luego eran abandonadas por las mismas condiciones inhóspitas y la ilegalidad de la tenencia. No así los periodos 1979-1988-1998, donde se manifiesta una gradual reducción de los tacotales, lo que se explica por el abandono de áreas en la zona sur, que un día fueron taladas con fines agrícolas, y en las cuales se ha dejado crecer el bosque de sucesión.

f) Macadamia: este es un rubro reciente que se ubica sobre la zona norte de la cuenca, en áreas que anteriormente eran cafetales. Las 66 ha que se encuentran en la cuenca pertenecen a un solo productor; el cual emplea mano de obra local para la colección de las nueces.

g) Bosque: en los periodos de 1961-1978-1988, el área de bosques disminuyó debido al aumento de las áreas de pastizales y cultivos (caña y café). Sin embargo, en el periodo 1988-1998 el área de bosque se incrementó en 23%. Este aumento se explica por el abandono de zonas de pastizales de poca o ninguna rentabilidad, a la regeneración de los tacotales, ya que existen 331 ha en pago de servicios ambientales, al control del MINAE, a través de patrullajes en la zona y a la imposición de multas a quienes se adentran a la zona protectora con el objetivo de cazar o deforestar.⁴ También en 1989 gran extensión de tierra, desde La Esperanza hasta Cerro Morado en Tayutic, fue adquirido

³ Mata, F. 2001. Entrevista sobre el manejo de la zona protectora del río tuis, MINAE Turrialba, comunicación personal

⁴ Castro, Mario. 2001. Entrevista sobre la regeneración del bosque en la vertiente Sur de la cuenca del río tuis, MINAE Turrialba, comunicación personal.

por un particular con fines de protección; esto ha contribuido a evitar la deforestación en la vertiente sur de la cuenca.

4.2 Identificación de áreas de conflicto de uso

4.2.1 Capacidad de uso de las tierras

En la figura 4 se presenta el mapa de capacidad de uso. Se identificaron seis clases de capacidad de uso, que van desde la clase III hasta la VIII. En el cuadro 15 se presentan las clases, subclase y unidades de manejo presentes en la cuenca. Entre las principales limitantes que se presentan y que definen la clase de capacidad de uso están: la pendiente, profundidad efectiva, fertilidad, textura, pedregosidad, drenaje y fertilidad. También se presentan otras limitantes que, aunque no definen clases de capacidad ponen ciertas restricciones para que sean sembrados cultivos anuales; estas son: las zonas de vida y presencia de neblina.

Al observar los resultados por clase de capacidad de uso, se puede ver que existen solamente 77 ha de clase III, que son aptas para cultivos anuales, pero con prácticas intensivas de manejo y de conservación de suelos y aguas; estas se ubican en la vertiente norte de la cuenca.

Hay 1072 ha de clase IV aptas para cultivos permanentes o semipermanentes. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de conservación de suelos y aguas; la mayor parte de esta área está ubicada en la vertiente norte de la cuenca.

Existen 212 ha de clase V, la cual presenta severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes o permanentes o plantaciones forestales, por lo cual su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural pues su mayor limitante es el drenaje. Estas áreas se ubican en ambas vertientes (norte y sur) de la cuenca.

De clase VI se tienen 1057 ha, las cuales pueden ser utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelo y aguas. Están distribuidas en la vertiente norte y sur de la cuenca.

Hay 2695 ha clase VII, de las cuales 813 ha tiene como mayor limitante la baja fertilidad, por lo que es posible su potencialización, utilizando medidas correctivas como la aplicación de carbonato de

Cuadro 15. Capacidad de uso de las tierras en la cuenca del río Tuis. (ver anexo 2 para guía de interpretación).

Clase	Subclase	Unidad de manejo	Hectáreas
III	III esdc	IIIe12s2d1c13	18,05
III	III esdc	IIIe1s234d1c1	16,82
III	III esc	IIIe1s2c1	41,63
IV	IV esdc	IVe12s23d1c1	97,29
IV	IV esd	IVe12s24d1	80,18
IV	IV esdc	IVe12s24d1c1	167,44
IV	IV esdc	IVe12s2d1c13	140,19
IV	IV ec	IVe1c1	27,62
IV	IV ec	IVe1c13	62,95
IV	IV esdc	IVe1s234d1c1	23,46
IV	IV esdc	IVe1s234d1c1	69,4
IV	IV esdc	IVe1s23d1c1	65,61
IV	IV esdc	IVe1s24d1c1	79,26
IV	IV esdc	IVe1s2d1c1	22,04
IV	IV esd	IVe1s234d1	127,71
IV	IV esdc	IVe1s234d1c1	68,73
IV	IV esdc	IVe1s23d1c1	40,03
V	V esd	Ve2s13d12	20,94
V	V esd	Ve2s13d12	211,96
VI	VI esdc	VIe12s24d1c1	81,61
VI	VI esdc	VIe1s24d1c1	323,93
VI	VI esd	VIe1s2d1	7,46
VI	VI esc	VIe12s134C13	150,63
VI	VI esdc	VIe1s234d1c13	2,52
VI	VI esdc	VIe1s234d1c1	39,35
VI	VI esdc	VIe12s234d1c1	451,52
VII	VII esdc	VIIe12s1234d1c13	87,66
VII	VII esdc	VIIe12s234d1c1	363,20
VII	VII esdc	VIIe12s1234d1c1	307,34
VII	VII esdc	VIIe12s123d1c1	378,83
VII	VII esdc	VIIe1s234d1c1	7,48
VII	VII esdc	VIIe1s234d1c3	42,05
VII	VII esdc	VIIe1s234d1c3	245,46
VII	VII esdc	VIIe1s24d1c1	18,74
VII	VII esdc	VIIe12s1234d1c13	378,41
VII	VII esdc	VIIe12s234d1c1	606,46
VIII	VIII esc	VIIIe12s1234c1	119,08
VIII	VIII esdc	VIIIe12S34d1c1	70,16
VIII	VIII esc	VIIIe12s13c13	279,52
VIII	VIII esdc	VIIIe12s1234d1c13	411,06
VIII	VIII esc	VIIIe12s13c1	39,01
VIII	VIII esc	VIIIe12s34c1	165,4
VIII	VIII esc	VIIIe12s12c13	1363,09
VIII	VIII esdc	VIIIe2s13d12c1	219,21
VIII	VIII esdc	VIIIe12s234d1c1	161,3
Total			7769,09

Fuente: Núñez (1995), Fundación Neotrópica (1996), Muestreos de campo.

calcio, manejo de coberturas con leguminosas y rotación de cultivos, el resto de las tierras en clase VII, presentan como mayor limitante la pendiente, por lo que se deben dedicar solamente al manejo forestal en caso de cobertura boscosa; en aquellos casos en que el uso actual es diferente al bosque, se debe hacer la restauración forestal. Estas tierras están distribuidas en ambas vertientes de la cuenca.

Finalmente hay 2905 ha de clase VIII, las cuales no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase deben utilizarse para la preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica. En su mayoría estas tierras se ubican en la zona norte, con limitantes de pendiente y profundidad.

4.2.2 Intensidad de uso de las tierras en la cuenca

Al realizar la sobreposición de los mapas de capacidad de uso y de los usos existentes (1998) (figura 5) (cuadro 16), se obtiene como resultado las intensidades de uso en la cuenca. De acuerdo a los datos obtenidos, existen 1869 ha en sobreuso, que representan el 24.7% de la cuenca; de las cuales los pastizales ocupan mayor área de sobreuso (849.7 ha), seguida por parcelas diversificadas con café y frutales (306.8 ha), café con poró (288.4 ha), caña de azúcar (383.9 ha) y en menores áreas existe sobreuso de macadamia (40 ha) (cuadro 17).

La mayor limitante de las tierras, que lleva a clasificarlas en sobreuso es la fertilidad, pues en su mayoría son suelos del orden Ultisol que han sido originados por el efecto prolongados de los factores climáticos (principalmente altas cantidades de precipitación durante un tiempo muy prolongado), mineralógicamente, presentan predominantemente arcillas 1:1 (principalmente caolinita) y óxidos de Fe y Al. Aunque estos materiales son finos, la formación de puentes de H en las arcillas 1:1, propicia que las partículas se agreguen entre si dando estructuras más desarrolladas. Estas a su vez se recubren con óxidos y constituyen un tipo de partículas de mayor tamaño que es conocida como "pseudoarena". La presencia de estas estructuras semejantes a arenas confiere a estos suelos excelentes condiciones físicas, en particular de estructuración y de drenaje naturales. Sin embargo, si existen practicas de manejo como sobrepastoreo y una mecanización intensiva que modifiquen estas características naturales las condiciones físicas pueden deteriorarse irreversiblemente (Bertsch, 1995).

Por tanto el sobreuso por pastoreo y mecanización agrícola para el rubro de la caña de azúcar, inciden en la capacidad de infiltración favoreciendo las inundaciones.

Desde el punto de vista nutricional, las buenas condiciones de agregamiento de estos suelos representan condiciones ideales para la lixiviación de nutrimentos, especialmente las bases (K, Mg, K) lo que conduce a acentuados problemas de acidez. Además, los materiales arcillosos de estos suelos al unirse unas con otras, restringen su superficie específica y ofrece una muy pobre capacidad de intercambio de cationes efectiva, lo que determina su muy baja fertilidad. Por lo que son suelos ácidos, con problemas directos de toxicidad por Al (y en menor grado de Mn) que ocasionan a los cultivos, presentan también problemas de disponibilidad de P por fijación del mismo al Fe y al Al, y como no se presentan buenas condiciones para la acumulación y descomposición de materia orgánica, y los nitratos se pierden muy fácilmente por lavado, la disposición de N casi siempre deficiente (Bertsch, 1995).

Esta limitante, en términos de fertilidad, puede ser moderadamente corregida con prácticas de manejo de suelos, como un encalado prioritario, preferiblemente que contemple tanto el suplemento de Ca como el de Mg., germoplasmas tolerante a condiciones ácidas y practicas de abonamiento orgánico ligado a encalado puede ser una fuente importante de nutrimentos y de propiedades físicas alteradas por el mal manejo (Bertsch, 1995).

También la profundidad efectiva y la pendiente fueron factores que determinaron limitantes que definieron esa área en sobreuso. En la limitante por profundidad efectiva su efecto consiste en limitar la actividad productiva ya que es muy vulnerable a procesos de erosión que puede lavar el delgado horizonte de suelo (menos de 20 cm.), por tanto éstas tierras deben estar cubiertas por vegetación natural para disminuir el escurrimiento superficial. Por tanto su actual sobreuso esta contribuyendo a la vulnerabilidad a inundaciones.

Sin embargo en el caso de las 613 ha que se encuentran en sobreuso porque su mayor limitante es la pendiente, o la combinación de las anteriores y la pendiente, tienen incidencia sobre ambos eventos, por ejemplo, erosionando las tierras, sedimentando los cauces y desprendimientos de tierra en masa.

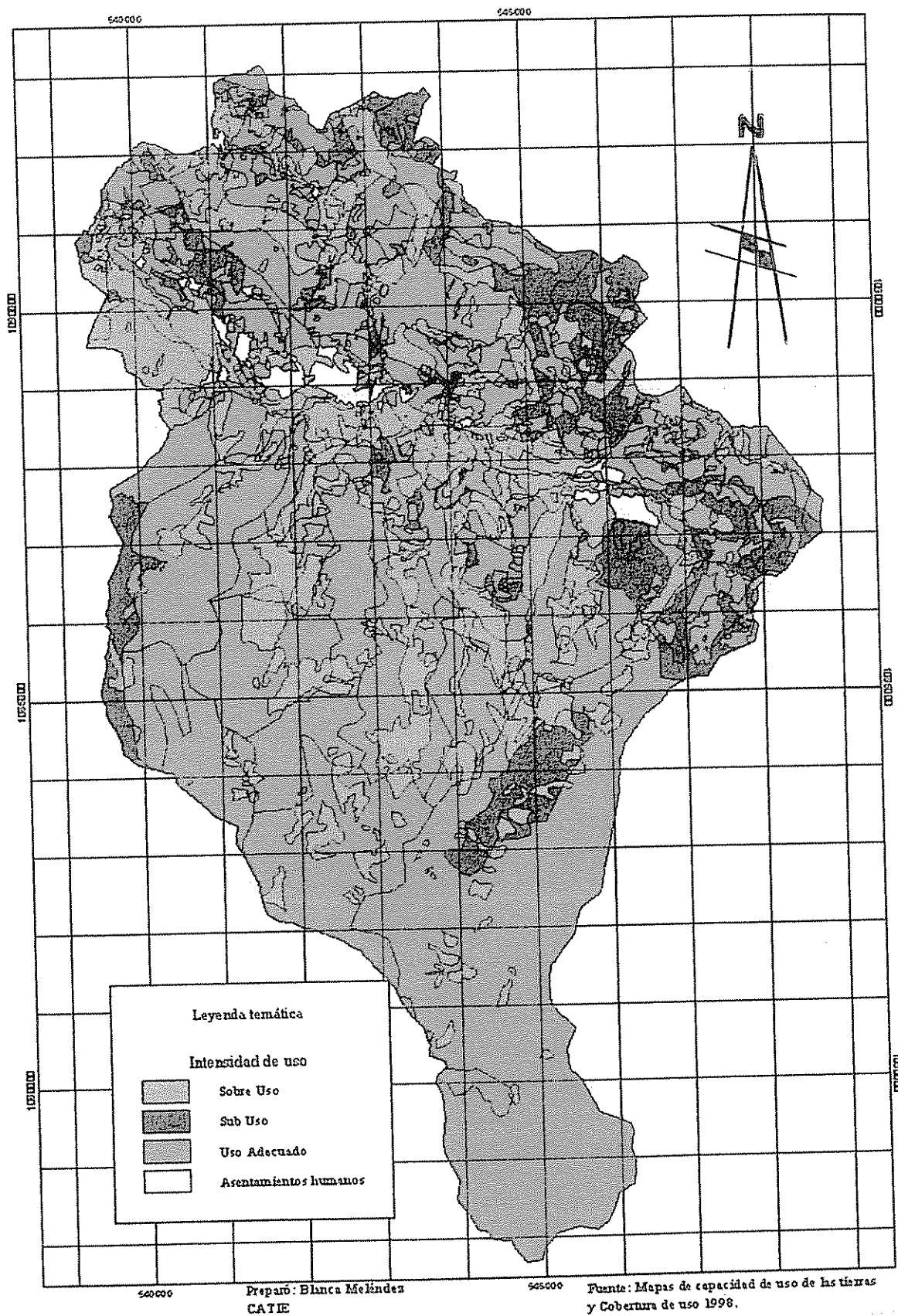


Figura 5. Intensidad de uso en la cuenca del río Tuis.

Según investigaciones de Baungarther (1971) y Leigh *et al.* (1975), citados por Stadtmüller (1994), el índice de área foliar (IAF), que tiene relación directa con la capacidad de interceptación de la precipitación en una determinada cobertura vegetal, es considerablemente menor en tierras con cultivos agrícolas en comparación con el bosque; estos índices son de 3 a 7 en pastizales, 5 a 8 en cultivos y 15 a 20 en bosques; por lo que la lluvia cae más directamente sobre el suelo en áreas de cultivos y pastizales, provocando escorrentía superficial.

En la categoría de intensidad de uso denominada subuso existen 855 ha, las cuales podrían ser utilizadas en actividades más intensivas, y que en 1998 su cobertura era bosque (803 ha), tacotal (39 ha) y suelos desnudos (13 ha).

En uso adecuado existe el 64% de la cuenca (4838 ha), ocupada en su mayor parte de bosque, y parcelas diversificadas de café, café con poró, macadamia y pastos en menores áreas.

Cuadro 16. Intensidad de uso en la cuenca del río Tuis, 1998

Intensidad de uso	Área	%
Sobreuso	1869	24.7
Subuso	855	11.3
Uso adecuado	4838	64.0

Fuente: sobreposición de mapas de cobertura para 1998 y capacidad de uso de las tierras.

Cuadro 17. Intensidad de uso, según el tipo de cobertura, en la cuenca del río Tuis en 1998

Cobertura	Uso adecuado	Sobreuso	Subuso	Área total
Café con poró	226.49	288.4	-	514.9
Parcelas diversificadas Con café	390.16	306.8	-	697.0
Caña	371.3	383.9	-	755.2
Pasto	212.2	849.7	-	1911.6
Macadamia	37.20	40.0	-	77.2
Bosque	3550.8	-	803.1	4354
Tacotal	49.7	-	38.63	88.4
Suelo desnudo	-	-	12.7	12.7

Fuente: Digitalización de fotografías aéreas 1998.



4.3 Caracterización de los principales sistemas de manejo de los recursos naturales

4.3.1 Caracterización de sistemas de producción

En la cuenca del río Tuis los sistemas de producción predominantes son:

a) Parcelas diversificadas con café

Consisten de café en asociación de frutales, forestales y tubérculos y café en asociación con poró. Existen cerca de 300 productores, de los cuales el 95% son propietarios de fincas de menos de 10 hectáreas.

Las fincas son manejadas por las familias y ocasionalmente contratan peones para las épocas de recolección y fertilización. El manejo la finca se realiza predominantemente utilizando agroquímicos. A continuación se describe de manera general las principales actividades de manejo que realizan los productores.

Los productores realizan tres aplicaciones al año con la fórmula 18-5-15, aplicando un promedio de 370 kg por hectárea en cada aplicación, para lo cual requieren un jornal (obrero) para realizar esa actividad. La cantidad de fertilizantes aplicada se considera alta, pues en su mayoría las tierras de la zona son de baja fertilidad, con porcentajes de saturación de acidez extraíble mayores al 50% y sumas de bases menores de 10 cmol (+) L.

El control de malezas la hacen aplicando herbicidas. Entre las prácticas de cultivo utilizadas están la poda del poró dentro de los cafetales dos veces por año, realizando la primera descombra entre diciembre y enero, y la segunda entre mayo y junio, manteniendo el cafetal expuesto al sol durante seis meses del año; esto implica un alto costo para el productor, tanto en la compra de insumos, como en el pago de mano de obra.

En general no aplican prácticas de conservación de suelos, aunque se puede mencionar que los agricultores siembran el café aproximadamente al contorno, porque aunque no manejan muy bien el concepto de siembras en curvas a nivel, saben por intercambio de experiencia con otros productores, que no es adecuado sembrar a favor de la pendiente.

Actualmente, Coopesuiza está impulsando el mantenimiento de sombra en los cafetales y manejo de cobertura, como una alternativa para reducir los costos de producción, y con proyecciones a mediano plazo de reconversión a café orgánico.

Ente los principales problemas que enfrentan los productores están: la caída de los precios del café, lo cual no genera rentabilidad, debido a los altos costos de producción, a esto se suma la problemática internacional, ya que en los últimos cinco años el café ha experimentado una sentida baja en precios, lo que tiene a los productores en graves problemas económicos. Esto afecta la estabilidad de las familias, las cuales, por años, han visto sus fincas como una inversión que les genera cierto ingreso económico, para solventar sus gastos familiares. El cuadro 18 evidencia la baja en los precios del café durante los últimos cinco años:

Cuadro 18. Precios por fanega de café, periodos desde 1997 hasta el 2001

Año	Precio (colones de Costa Rica)
1997	25.000
1998	21.000
1999	16.000
2000	14.000
2001	10.000

Fuente: Talleres participativos con productores de las comunidades

Al comparar los actuales precios del café (10.000 por fanega) con los costos de producción (15.000 fanega) se genera un déficit de 5000 colones, lo que ha provocado que los productores no le den mantenimiento al cultivo, a que algunos miembros busquen fuentes de ingresos alternas, las mujeres están saliendo a los cascos urbanos a trabajar como domésticas, mientras los hombres cuidan el hogar. Esto repercute en una mayor vulnerabilidad socioeconómica ante desastres como las inundaciones y los deslizamientos.

En la zona la asistencia técnica para el rubro de café la imparte Coopesuiza a sus asociados, mediante dos agrónomos que emiten las recomendaciones de fertilización con base en análisis de suelos y visitas a algunas fincas.

Coopesuiza está impulsando a sus asociados a la producción de café orgánico, como alternativa a los bajos precios internacionales del café convencional, por lo que en la actualidad existe un convenio de cooperación entre CATIE, quien les está capacitando en el proceso de certificación.

b) Plantaciones de caña de azúcar

Este es el segundo sistema de importancia en la zona, existiendo un estimado de 60 productores, de los cuales el 90% son pequeños productores, con menos de cinco hectáreas.

El cultivo es manejado en forma química aplicando dos fertilizaciones por año, la primera es aplicada tres meses después de la corta, y la segunda tres meses después. Se aplican 300 kilogramos por ha de nitrógeno, por fertilización. La renovación de cañales, se realiza cada cinco zafras. En ese momento se aprovecha para aplicar fertilizante de la fórmula 10-30-10 a razón de 172 kilogramos por hectárea y carbonato de calcio a razón de 309 kilogramos por ha, a fin de mejorar un poco la fertilidad del suelo.

Los productores entregan la caña al Ingenio Atirro, para la elaboración de azúcar, la cual la mayor parte se exporta al mercado internacional. El control de malezas, lo realizan aplicando herbicida (Diuron) a razón de 700 gramos por hectárea.

Al igual que el café, la caña está atravesando un periodo crítico para los productores de la zona, pues aparte del problema de los bajos precios{ enfrentan el problema del cierre del ingenio de Atirro. Esto ha implicado que los productores se vean obligados a llevar su producción al Ingenio Juan Viñas, lo que eleva los costos de transporte. Para este año (2001) el precio de la tonelada disminuyó de 6000 a 4000 colones. Estos problemas han desestimulado a los productores de caña, a ampliar las áreas de cultivos.

La asistencia técnica para este cultivo está a cargo de la Cámara de Cañeros. En la actualidad el CNP (Consejo Nacional de Producción) a través del proyecto de reconversión productiva, tiene planificado dar asistencia crediticia para la siembra de 277 hectáreas de caña, pero a nivel de toda la zona de Turrialba, entre ellos algunos productores de Tuis.

c) Ganadería extensiva

Actualmente existen unos 25 productores en su mayoría en la vertiente sur de la cuenca. La capacidad de carga es menor de una cabeza por manzana (7000 m²), pues son manejadas de forma extensiva debido a las mismas condiciones fisiográficas. Este rubro fue uno de los que más ha contribuido a la deforestación del bosque debido a la exportación de carne hacia los Estados Unidos y las políticas del Gobierno eran hacia la colonización de las zonas boscosas, pues se creía que estaban siendo subutilizadas, en la actualidad ha ido disminuyendo.

Los problemas en este rubro son de compactación de los suelos, debido al pisoteo del ganado, pues aunque la capacidad de carga no es alta, no aplican prácticas de rotación de potreros ni apartos, y tampoco siembran pasto de corte. En 1998 existían 307 hectáreas en pendientes mayores al 50%

No existe asistencia técnica para este rubro. El Ministerio de Agricultura y Ganadería no brinda asistencia debido a que los productores no están organizados.

4.3.2 Calendario agrícola de la comunidad de Tuis

Al analizar la secuencia de actividades agrícolas para la cuenca (cuadro 19) se observa que durante todo el año, los pobladores de la zona se mantienen económicamente activos, por la generación de fuentes de trabajo, que implican las diferentes faenas para el manejo de cultivos.

Para el año 1998 al ser afectados por la disminución de los precios los dos rubros principales de café y caña, ha existido una sensible baja en la contratación de mano de obra para la recolección del café y las labores de mantenimiento para ambos rubros. Esto ha incidido directamente en el nivel de ingreso de las familias, tanto a nivel de propietarios, como de trabajadores de fincas; los cuales se sienten desconcertados y sin opciones inmediatas.

Cuadro 19. Calendario agrícola de las comunidades de Tuis

Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Fertilización y prácticas agrícolas en la caña						X	X	X	X	X	X	X
Corta de la caña	X	X	X	X	X	X						
Fertilización y prácticas agrícolas en café	X	X	X	X	X	X						
Recolección de café							X	X	X	X	X	X
Cría y pastoreo de ganado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Talleres participativos en las comunidades de la Selva, Canadá, La Suiza y Tuis.

4.4 Factores que contribuyen a la vulnerabilidad a las inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis

Para este objetivo los resultados se presentan en secciones: primero se hace una descripción de las áreas de riesgo identificadas en la zona, tanto a deslizamientos como a inundaciones, en la segunda sección se presenta la percepción de los habitantes en cuanto a dichos eventos, luego se hace una

descripción del perfil de los habitantes en las áreas de riesgo; por último se presentan los resultados de la evaluación de vulnerabilidad.

4.4.1 Áreas con riesgo a deslizamientos

a) Por ubicación de viviendas

En la zona existen áreas potenciales de deslizamientos, que pueden ser causantes de desastres. Las mismas han sido identificadas en la figura 6. Entre ellas están:

Zona carretera a Pacayitas

En esta zona se ubican dos deslizamientos ubicados al norte de la Suiza, por la carretera que conduce a Pacayitas, más o menos a 200 metros antes del cruce a Silencio. Protti (1980) reporta que tiene aproximadamente 50 metros de ancho y 150 metros de largo y un espesor estimado de 10 metros, es un deslizamiento de tipo cuchara, que tiene un volumen de 75.000 m^3 de material potencialmente deslizable; sobre la margen izquierda de la cuenca de desagüe de la quebrada la Danta.

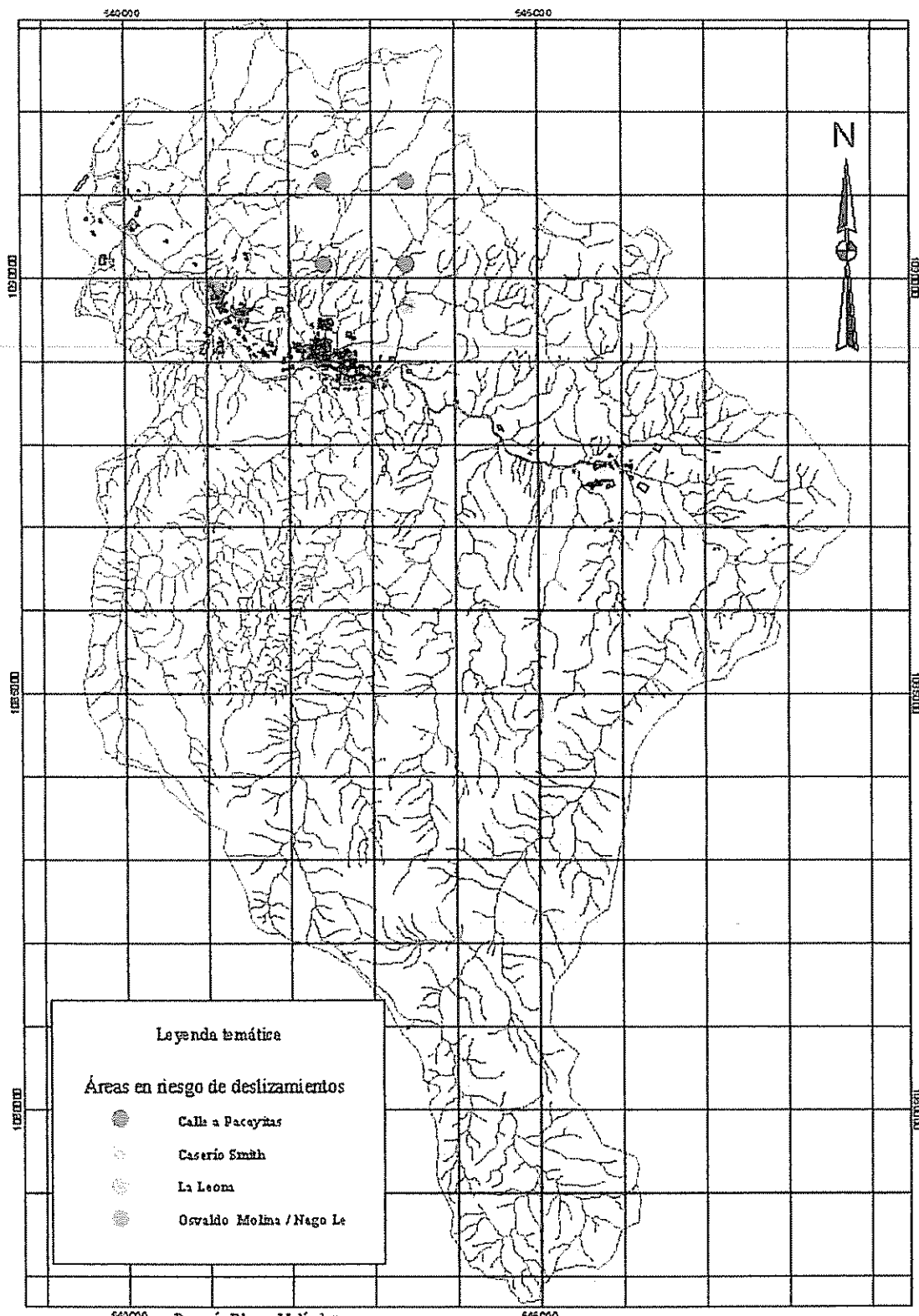
El segundo deslizamiento reportado por Protti (1980) se localiza 200 metros al este de la zona descrita anteriormente, tiene un ancho aproximado de 200 metros, una longitud de alrededor de 500 metros, para un volumen de $1.5 \times 10^3 \text{ m}^3$ de material deslizable.

Ambas zonas están asociadas con la presencia de manantiales de 0.01 l s^{-1} y 0.5 l s^{-1} . Aunque no existen viviendas aledañas a dichas zonas, que corran el riesgo de ser soterradas; existe el riesgo para el poblado de la Suiza, en el caso de un súbito desplazamiento de esas masas de suelo, pues ambas quebradas desembocan en el río Tuis.

Área del caserío Oswaldo Molina

Otra zona en riesgo potencial es donde están ubicadas las viviendas del caserío Oswaldo Molina, que corren el peligro de ser soterradas por deslizamientos y avalanchas. Entre los problemas identificados están:

- Suelo saturado de agua debido a que existen dos estratos: un estrato superficial permeable el cual permite que el agua se infiltre; y un estrato inferior impermeable, lo que impide la percolación del agua, haciendo que esta drene hacia la superficie en forma de nacimientos, lo cual se visualiza en las viviendas.
- Pendientes escarpadas con un 65% de desnivel.
- Deslizamiento activo que se manifiesta en un corte hecho para construir una casa.
- Formación de una grieta en la parte superior provocada por el terremoto de Limón en 1991.



Preparó: Blanca Meléndez
 CATIE.

Fuente: Fotografía aérea proyecto Terra
 Esc. 1: 40 000

Figura 6. Áreas en riesgo de deslizamientos en la cuenca del río Tuis.

Por los problemas anteriormente presentados se considera dicha zona como vulnerable; por el eminente riesgo del desplazamiento del estrato superficial del suelo; provocadas por eventos de disparo como lo es una tormenta de extremas precipitaciones con alta intensidad o bien un sismo de alta escala.

Zona de la Leona

Cabe destacar que esta zona potencial de deslizamiento es de tal magnitud que de suceder un evento extremo como un sismo similar a El Salvador, podría afectar gran parte de la población de La Suiza.

En 1991 para el terremoto de Teliré-Limón, se desplomó gran cantidad de material que destruyó el tanque de captación del agua potable. También durante la tormenta que provocó la inundación de 1999 explotaron de sus paredones bombas de agua, esto manifiesta un evidente peligro para los habitantes cercanos a dicha zona. En la actualidad el caserío cercano a estas zonas es la Leona, ya que las pocas viviendas del caserío Piedra Grande, ubicadas cercanas a dicho deslizamiento, desalojaron después del terremoto de 1991.

Zona del caserío Smith

Esta área de riesgo se encuentra camino al Barrio San Antonio, aunque en esta zona, históricamente no se ha evidenciado un deslizamiento, existe un alto riesgo, pues últimamente un vecino de la zona, ha construido nueve viviendas, para lo cual se formó un talud en la pendiente. Al observar la zona se evidencia cicatrices de deslizamientos en forma de terracetas. El riesgo se ve incrementado por la existencia de potreros mal manejados en pendientes fuertes, así como también por la evidencia de escurrimiento de agua en el talud próximo a viviendas.

Aunque en la actualidad de estas viviendas solamente una está habitada, pues el propietario las construyó para venderlas con el supuesto permiso de la Municipalidad; a la fecha no las ha logrado vender, ya que la comisión de emergencia local de la Suiza ha intervenido; pues de ser habitadas, existe un riesgo constante por un lado de deslizamiento y el otro riesgo es que se encuentran próximas al cauce del río Tuis, donde en la inundación de 1999 fueron destruidas nueve viviendas.

b) Por ubicación de cultivos en áreas de riesgo

Mora *et al* (1991), consideran que las pendientes mayores al 50% constituyen un factor de riesgo de deslizamientos, máximo si su cobertura vegetal no es la adecuada. En la cuenca del río Tuis existen 170 hectáreas de caña, 135 hectáreas de café en asocio y 307 hectáreas de pasto ubicadas en dicho tipo de pendiente; esto constituye un riesgo desde dos puntos de vista: el primero porque

contribuyen a provocar deslizamientos, y el segundo es desde el punto de vista económico, pues de darse éstos afecta directamente la economía de los propietarios de dichos cultivos, perdiéndose el capital de inversión y el ingreso por la producción. Esto es crítico, pues la mayoría son pequeños propietarios, para los cuales su finca es su única fuente de ingresos, a excepción de propietarios de áreas de ganadería, que la mayoría son grandes productores.

4.4.2 Áreas de riesgo de inundación

Históricamente han existido inundaciones en la cuenca de Tuis, tanto en el cauce principal como en sus afluentes, pues es de alta densidad hidrológica; los habitantes conocen las zonas de desbordamientos y las comunidades que son afectadas.

Las comunidades identificadas en alto riesgo de sufrir inundaciones son: Canadá, la Suiza, la Selva y Tuis, por sus cercanías a ríos y quebradas. En la figura 7 y cuadro 20 se presentan los caseríos que con mayor frecuencia se han visto afectadas por las inundaciones.

Cuadro 20. Comunidades afectadas por inundaciones en la cuenca del río Tuis

Comunidad	Caserío	Quebradas o Ríos
Canadá	Abelardo Rojas	Río Tuis
	Caserío cercano al quebrador	Río Tuis
La Suiza	Barrio San Antonio	Quebrada Armado
	La Suiza	Río Tuis y quebradas La Gata y la Danta
	Caserío Piedra grande	Quebrada la Leona
	Caserío La Leona	Río Tuis
La Selva	La Selva	Río Tuis
Tuis	Tuis	Río Tuis

Fuente: Entrevistas con comités de emergencia.

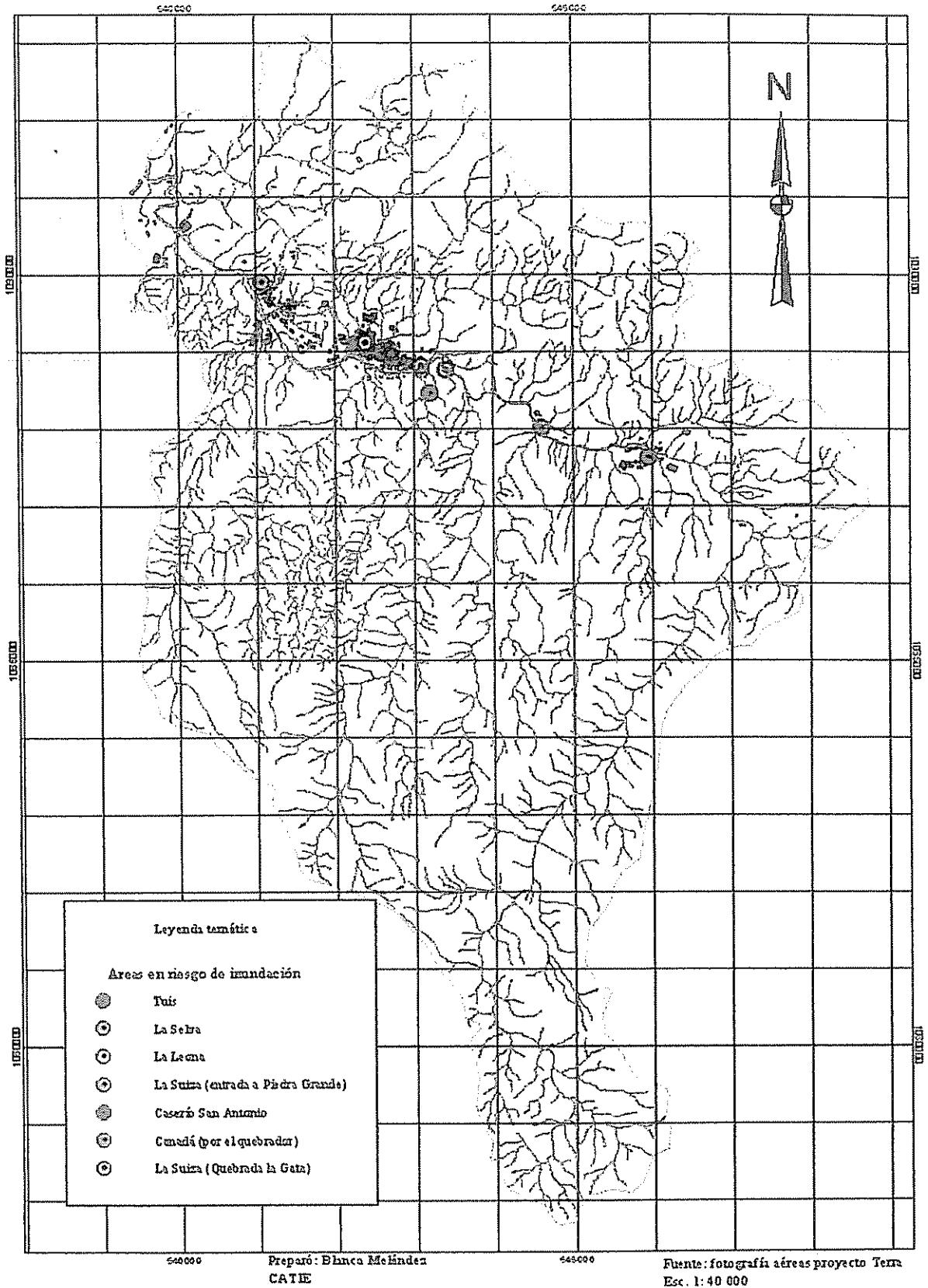


Figura 7. Áreas en riesgo de inundación en la cuenca del río Tuis.

A continuación se presentan las evaluaciones por comunidad:

Comunidad de Tuis: en esta zona existen cuatro viviendas en alto riesgo; ubicadas sobre el margen izquierdo, en el camino de La Suiza hacia Tuis, a menos de 10 metros del cauce principal, sobre un meandro del río, donde el mayor problema es la socavación que en un evento de lluvias extremas, pueda causar deslizamientos de dichas viviendas, mientras que en el margen derecho, el problemas es de desbordamiento del río.

Comunidad La Selva: en esta comunidad existen siete viviendas en alto riesgo, ubicadas en el margen izquierdo de la carretera que conduce de La Suiza a Tuis; pues el agua se desborda por la carretera, debido a la alta sedimentación del cauce; se estima que el cauce en este punto se ha sedimentado en un metro, lo que provoca que el agua se desborde por la planicie donde se ubican las viviendas (antiguo cauce del río).

Caserío la Leona: en esta zona, al igual que en La Selva, el problema es de sedimentación, donde existen alrededor de doce viviendas muy cercanas al río Tuis, sobre el margen izquierdo. También sobre el margen derecho existen bordes que al elevarse el caudal del río chocan contra las paredes de dichos bordes, obligando al caudal a desviarse o hacia el margen derecho.

Caserío la Suiza: al hacer una evaluación de las zonas de mayor riesgo por comunidad, la Suiza es las más vulnerable a ser inundada, tanto por el desbordamiento del cauce principal, como por la las quebradas que atraviesan el pueblo, pues es a la altura de este poblado, donde se dan la confluencia de las quebradas la Leona, Armado, La Gata y la Danta, las cuales se suman al cauce principal del río Tuis, el cual al llegar a este punto de confluencia, acumula también los caudales de las quebradas La Caledonia, La Solano y otras de menor magnitud; conformando un caudal capaz de causar severos daños. El ejemplo más clara, es la inundación de 1970; donde el desbordamiento de las quebradas la Leona y el río Tuis, inundó áreas distantes hasta 250 metros del cauce, destruyendo la plaza de deportes. En la actualidad existe un dique, que data de dicho año, pero que está deteriorado, y de presentarse otro evento gran magnitud, similar al de 1970, podría causar estragos a un centenar de viviendas.

Caserío Barrio San Antonio: existen 10 viviendas en alto riesgo de ser inundadas por la quebrada Armado, debido a que dicho río es de régimen torrencial y existe el taponamiento de un brazo natural del mismo, a causa de un desvío realizado por un ex propietario del terreno aledaño al río; lo cual hace que el caudal se concentre en un solo brazo, justamente a poca distancia (100 m) de las viviendas que se ubican en la parte baja del margen del río.

Caserío Canadá: las viviendas en riesgo se ubican en el margen izquierdo, en la carretera de Turrialba a la Suiza; sobre el quebrador. Existen siete viviendas próximas al río; y el problema se agrava por la existencia de un tajo que opera sacando material del cause, lo que deteriora los taludes y orillas del río.

4.4.3 Análisis de la percepción local sobre eventos catastróficos en la cuenca

b) Frecuencia de las inundaciones

El 100% de los entrevistados consideraron que cada año existen crecidas de caudal en el río Tuis, aunque la mayoría coincidieron en decir que el evento que ha causado mayores daños fue la inundación del 24 de septiembre de 1999. Esto es lógico ya que la mayoría de los habitantes de dichas áreas tienen menos de 20 años de vivir en la comunidad, y no vivieron la dramática experiencia de la inundación del 1970, recordada por los habitantes de mayor edad y permanencia en el lugar, por la magnitud de la destrucción en infraestructuras y viviendas.

Los habitantes con más años en la zona consideran que las inundaciones del río se han dado sin una frecuencia definida, así por ejemplo recuerdan siete inundaciones que han arrasado puentes y viviendas, y que coinciden con las documentadas en la historia en los años 1928, 1936, 1938, 1956, 1961, 1970 y 1999.

A diferencia del río Tuis, los habitantes aledaños a las quebradas La Gata, coincidieron en decir que éstas se desbordan con un periodo de recurrencia de cinco años, causándoles daños en sus viviendas y enseres domésticos. Este periodo de recurrencia mencionado por los habitantes coincide con el reportado por Obando (1995) quien reporta una frecuencia de 4.23 años.

En la quebrada Armado estos eventos se dan con mucha frecuencia por su ubicación en la vertiente Norte, tal es el caso de que sin que esté lloviendo en esta zona, bajan cabezas de aguas que ponen en riesgo a los habitantes; esto se agrava aun más por el taponamiento de una de los brazos del río por un antiguo propietario de la zona, lo que ha provocado que el agua se concentre con mayor torrencialidad en un solo brazo, el cual atraviesa el caserío del Barrio san Antonio. La constancia de dichos eventos, les crea un clima de inseguridad pues según las manifestaciones de los habitantes, en la época de pleno invierno no duermen pues viven pendientes de un posible evento; recuerdan que antes de la inundación de 1999 en el río Tuis, la quebrada Armado se había desbordado, causándoles graves daños a sus viviendas.

b) Percepción de los habitantes sobre las causas de las inundaciones

En la figura 8 se observa: el 40% de los entrevistados consideran que dichos eventos se dan por la degradación de los recursos a causa de la deforestación, lanzamiento de la basura al río y los cultivos agrícolas; el 8.8% manifestó no saber la causa, el 35.6% considera que éstas se deben a las condiciones fisiográficas y climáticas de la zona y el 15.4% restante considera que se debe a la sedimentación del cause y la falta de organización local para solucionar ese problema.

Posiblemente es la combinación de todas las causas anteriormente mencionadas, las que contribuyen a dichos eventos, ya que en la zona siempre han existido las inundaciones, pero anteriormente cuando no habían construcciones cerca del río, el mismo se desbordaba en sus llanuras de inundación y arrasaba con la vegetación a su paso, pero no existía el componente humano, que es el que en la actualidad le da el carácter desastre. En efecto hoy día toda la ribera del río, desde Tuis hasta el caserío Abelardo Rojas, cerca de su desembocadura con el río Reventazón, está densamente poblada y conjuntándose de manera fuerte amenaza y vulnerabilidad, para dar una nivel de alto riesgo de estas comunidades a las inundaciones.

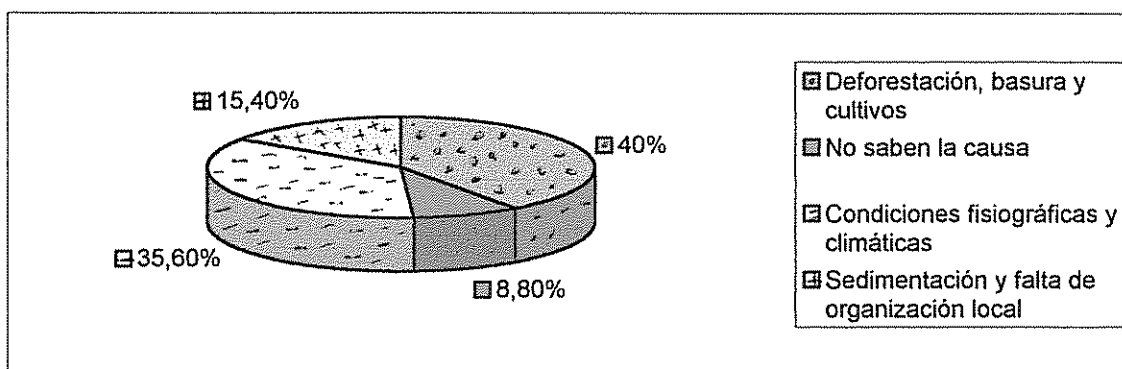


Figura 8. Percepción de los habitantes sobre las causas de las inundaciones

d) Principales conflictos identificados

1. Proyecto hidroeléctrico ubicado en calle Rivel.

Es importante mencionar que con respecto a la inundación de 1999, existe una opinión generalizada de los habitantes de la cuenca, en atribuirle a este proyecto hidroeléctrico privado, la culpabilidad del represamiento y posterior liberación de agua y materiales arrastrados de la zona alta, causando la inundación y destrucción viviendas (en La Selva) y de los puentes de Tuis y Canadá.

2. Proyecto hidroeléctrico Angostura

Con respecto al proyecto hidroeléctrico Angostura, propiedad del ICE, el cual utiliza la mayor parte del caudal del río Tuis para alimentar el embalse Angostura, la mayor parte de los habitantes de la

cuenca consideran que les ha causado problemas por la construcción de un muro de contención en el margen sur del río, pues consideran, que de darse un evento extremo de inundación, el agua se desbordaría hacia el margen norte, perjudicando las viviendas e infraestructura cercanas al río.

3. Precario de cruce de Atirro.

También existe actualmente otro conflicto por la reciente ocupación de un predio cercano a la Ciudadela Abelardo Rojas en Canadá, ubicado en la ribera de inundación del río Tuis, que pone en inminente riesgo a estas personas. Ha pesar que la Comisión de Emergencia no autoriza la construcción de viviendas en dicho sitio, los precaristas han recibido la promesa de dirigentes políticos para ayudarles a conseguir los permisos requeridos.

4. Quebrador Turrialba.

Otro conflicto identificado fue la explotación de un tajo, el cual extrae arena y piedra del cauce del río, Tuis. Los habitantes del caserío de Canadá consideran que este quebrador fue el causante de la socavación de las bases del puente de Canadá, el cual fue destruido en la inundación de 1999.

e) Perfil socioeconómico de la población en áreas de riesgo de inundación

El número promedio de personas por hogar es cuatro. El 80% de los habitantes de estas áreas de alto riesgo han llegado a vivir a dichas zonas en los últimos 30 años, después de la construcción de los diques por la inundación de 1970, y el 20% restante son oriundos de la zona.

Con respecto al nivel de escolaridad, en la figura 9 se observa: el 11.1 % de los entrevistados no tiene ningún grado de escolaridad; 60 % concluyó estudios primarios; 17.8% terminó la educación secundaria y en el 11.1% de los casos, al menos un integrante de la familia tiene grado universitario.

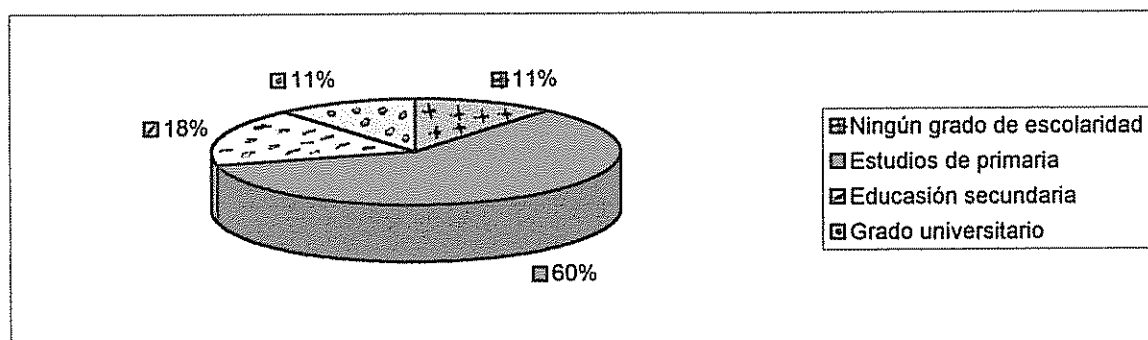


Figura 9. Nivel de escolaridad de los habitantes en áreas de riesgo en la cuenca del río Tuis.

Al evaluar el nivel de empleo, en la figura 10 se observa que el 4.4% de los entrevistados no tenía empleo, el 24.7 % son jornaleros de finca, el 20% son pensionados, el 48.9% son empleados en su

mayoría de sodas, oficios domésticos, trabajan en construcción, etc. y solamente el 2 % tiene empleo como profesional.

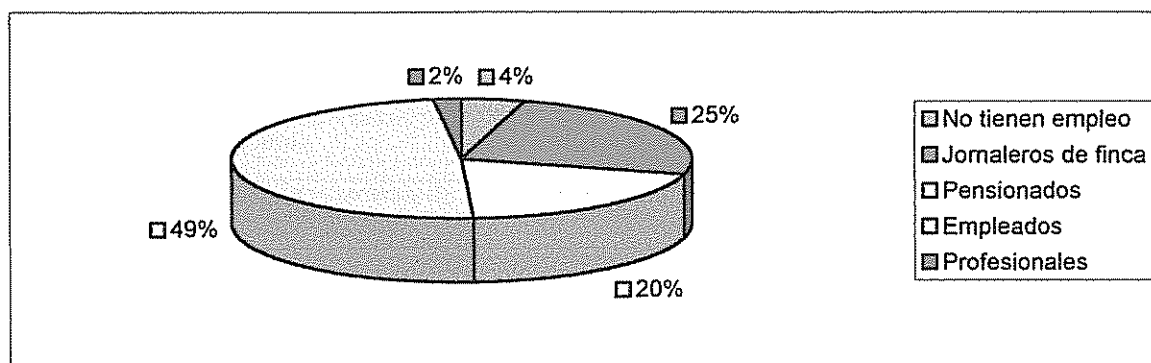


Figura 10. Nivel de empleo de los habitantes en áreas de riesgo en la cuenca del río Tuis

Con respecto a la tenencia de las viviendas, el 88.9 % son propietarios de sus viviendas y el 11.1 % están arrendando las casas donde habitan.

El 95% de los entrevistados no tienen tierras agrícolas, el 5% son propietarios de pequeñas parcelas menores a una ha.

El 69.2% de las viviendas cuentan con servicios básicos de energía eléctrica, agua potable y teléfono; el 29.7% cuentan con dos servicios (agua potable y energía eléctrica.)

4.4.4 Resultados de la aplicación de la escala de vulnerabilidad

En esta sección se presentan los factores evaluados agrupados en vulnerabilidad ambiental, vulnerabilidad estructural con respecto al estado de los puentes y por último se presenta la evaluación de los factores socioeconómicos donde se evalúan el nivel de ingresos, de educación, los aspectos: calidad de vida, nivel de organización, capacitación y el aspecto institucional, con sus respectivos indicadores y la aplicación de la escala de valoración respectiva. En el cuadro 21 se resumen los datos para todos los factores, y luego se analiza individualmente para cada factor.

Dándole el mismo peso relativo a todas las variables y calculando un valor promedio de vulnerabilidad, se obtiene como resultado de media a alta, con un valor promedio de 2.4.

Al analizar individualmente cada factor evaluado, se observa que los factores ambientales, estructurales y socioeconómicos tienden hacia la vulnerabilidad, mientras el factor organización local tiende hacia la resiliencia.

Cuadro 21. Evaluación de los factores que inciden en la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis

Factor	Variable	Indicador	Nivel de vulnerabilidad	Valor
Ambiental	Nivel de deforestación	Existe el 42% de área deforestada	Alta	3
	Degradación de áreas por sobreuso	El 24.7% del área de la cuenca se encuentra en sobreuso por cultivos y pastizales.	Moderada	2
	Nivel de conservación de suelos	El 5% de agricultores aplican prácticas de conservación de suelos	Muy alta	4
Estructural	Estado de los puentes	El 87.5% de los puentes no tienen mantenimiento, tienen problemas de socavación y no han sido diseñados con la capacidad de soportar un evento máximo.	Alta	4
Socio económico	Nivel de ingresos	La mayoría de los habitantes tienen salarios que oscilan de 50.000-100.000	Alta	3
	Nivel de educación	El 17.8% de la muestra tienen educación secundaria	Muy Alta	4
	Servicios básicos	El 100% de la población cuenta con servicios básicos.	Muy Baja	0
	Salud	El 71% de los entrevistados tienen acceso a servicios de salud por parte de la Caja del Seguro Social.	Baja	1
	Tenencia de tierras cultivables	El 95% no son propietarios de tierras agrícolas	Muy Alta	4
Organización	Estructuras organizativas y legalidad	Existe siete organizaciones entre comités de emergencia, asociaciones de desarrollo y una fundación legalmente constituidas.	Muy Baja	0
	Disposición de la población A las actividades locales de desarrollo	El 25% de la población se presenta a asambleas y colabora en actividades de desarrollo local	Alta	3
	Nivel de coordinación de las estructuras locales	Existe un 70% de coordinación entre comunidades e instituciones	Baja	1
	Nivel de funcionamiento de los comités de emergencia locales	El 100% de los comités de emergencia están activos.	Muy baja	0
	Nivel de reconocimiento de las comités de emergencia locales por la población en la zonas de riesgo	El 26% de los habitantes de las áreas de riesgo reconocen que existen comités de emergencia en su comunidad	Alta	3
Capacitación	Capacidad de respuesta de la población	El 5% de los habitantes en áreas de riesgo reconocieron haber recibido capacitación sobre la prevención y mitigación de desastres.	Muy Alta	4
	Información y divulgación.	El 2% de la población entrevistada reconoció tener conocimiento de las legislaciones ambientales y normas de construcción de viviendas	Muy Alta	4
Institucional	Instituciones que prestan asistencia ante los eventos.	Existe presencia Institucional (Cruz Roja, Comisión Nacional de Emergencias, Cuerpo de Bomberos, Caja del Seguro Social, IMAS.	Muy baja	0
	Nivel de seguimiento y coordinación entre las instituciones y la población	El 90% de la población considera que las Instituciones están presentes al momento del desastre, pero que luego no existe un seguimiento	Muy Alta	4
			Promedio	2.44

a) Factor ambiental

Indicador: porcentaje de área deforestada

Valor: 3 Descripción: Alta vulnerabilidad

La cuenca de Tuis, por sus condiciones fisiográficas y climáticas es susceptible a las inundaciones y deslizamientos, por lo que existe intrínseca un tipo de vulnerabilidad natural, que al combinarse con prácticas inadecuadas pueden contribuir a desatar estos eventos. En 1998 existía una deforestación del 42%, lo que se considera contribuye a una alta vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones.

Según Hamilton *et al.* (1985) en una cuenca la respuesta hidrológica depende de un complejo de factores, entre ellos: el tiempo y la intensidad de un evento específico de precipitación, la geomorfología de la cuenca, el estado de humedad del suelo antes de un evento de precipitación y la condición y estado de la vegetación. Este último aspecto es importante ya que en bosques tropicales, el bosque cumple los procesos siguientes: mantiene el suelo en su lugar, evitando procesos de erosión acelerada, estabiliza las laderas contra la erosión en masa, tienen gran capacidad de infiltración y aumenta la capacidad de recarga en suelos profundos por su alta tasa de evapotranspiración. (Bruijnzeel *et al.*, 1997), citado por Stadtmüller (1994).

Es necesario aclarar que esto no significa que si hubiese existido el 100% del bosque en la cuenca se hubieran evitado las históricas inundaciones, ya que estas fueron provocadas por eventos extremos, así al evaluar la inundación del 1970, la cantidad de precipitación (483 mm con una duración de 24 horas), generó un caudal incapaz de ser transportado sin desbordamientos por los cauces de ríos y quebradas, por lo que el río retomó sus llanuras de inundación. Sin embargo, sí se puede decir que las áreas deforestadas en pendientes contribuyeron aun más con un mayor escurrimiento superficial; por ejemplo Hewlett (1982) y Hamilton *et al.* (1985) indican que durante lluvias fuertes y prolongadas de precipitación el suelo se satura provocando escurrimiento, no importando la cobertura vegetal presente. Por otra parte, Hewlett y Hibbert (1967) citados por Stadtmüller (1994), mencionan que el área variable de saturación y por lo tanto de afluencia aumenta de manera considerable durante estos eventos, y una cantidad muy elevada del agua de las lluvias escurre superficialmente para llegar en forma directa a algunas quebradas y ríos.

De igual manera, la inundación de 1999 fue causada por una lluvia de gran intensidad en un tiempo relativamente corto (3 horas) y la magnitud de los daños fue menor que la de 1970, pero también fue capaz de destruir puentes y viviendas; no se puede argumentar que fue la existencia de mayor área deforestada pues al observar el cuadro el porcentaje de bosque en esas épocas (62% en 1961

versus 56% en 1998) no existe gran diferencia. La explicación es que se dio un efecto acumulativo de factores que aumentaron la vulnerabilidad de la cuenca a las inundaciones y deslizamientos, en efecto unos días antes de dicha tormenta llovió a tal grado de saturar los suelos, causando el desbordamiento de la quebrada Armado y el debilitamiento del puente de Canadá, por lo que la precipitación orográfica torrencial del 24 de septiembre de dicho año, provocó los deslizamientos de tierra y vegetación en la quebrada El Silencio y la zona norte del río Tuis y el desprendimiento de bombas de agua en los paredones de La Leona. Dichos deslizamientos habían sido iniciados por el terremoto de 1991, además causaron represamientos que al liberarse formaron un flujo de lodo y árboles destruyendo los puentes de Tuis y el ya deteriorado puente de Canadá, así como la inundación del caserío la Selva, ubicado en la llanura de inundación del río y donde se supone, según relatos de los habitantes, fue su antiguo cauce.

Indicador: porcentaje de áreas de pastos y cultivos en sobreuso

Valor: 2 Nivel: Moderadamente vulnerable

Al evaluar los indicadores porcentaje de área de cultivos en sobreuso, se observa que el 24.22% del total de área de la cuenca está cubierta por pastizales y cultivos como caña de azúcar, café en asocio con frutales y poró.

A nivel general con la aplicación de la escala de vulnerabilidad no representa un alto riesgo, pero a nivel de microcuencas si puede tener incidencia causando desbordes aislados, principalmente en las subcuencas

Indicador: Porcentaje de agricultores que aplican prácticas de conservación de suelos

Valor: 4 Nivel: Altamente Vulnerable

Con respecto a la implementación de obras de conservación, este indicador resulto altamente vulnerable, pues solamente el 5% de los entrevistados aplican algunas prácticas de conservación de suelos, lo que influye sobre la erosión y consecuente sedimentación de los cauces; esto hace que pierdan capacidad hidráulica. Recientemente Coopesuiza está impulsando algunas prácticas de conservación de suelos, como mantener algún nivel de cobertura vegetal en el suelo para su protección, esto principalmente en cafetales. Sin embargo es una iniciativa que ha surgido más por los problemas de precios que afronta el país, que por mentalidad conservacionista o conciencia ambiental.

b) Factor estructural

Indicador: Puentes en buen estado

Valor: 4 Nivel: altamente vulnerable

Según la aplicación de la escala, el indicador estado de los puentes, el 87.5% de un total de ocho puentes, son altamente vulnerables a inundaciones, al no reunir los requisitos técnicos de construcción para soportar un evento extremo y no existir un mantenimiento adecuado de los mismos. En el cuadro 22 se presentan los principales problemas evaluados.

Cuadro 22. Problemas de los principales puentes de la cuenca del río Tuis.

Nombre	Acceso entre comunidades	Quebrada o río	Estado actual
Puente de La Suiza	El Barrio San Antonio y La Suiza	Sobre el río Tuis	Es un puente antiguo construido con metal americano; fue instalado después de la inundación del 70. Existe socavación a ambos márgenes.
Puente de Tuis	Comunidades de Tuis y la Suiza	Sobre el río Tuis	Este puente ha sido instalado en el 99 después de la inundación que arrasó el anterior. Existe socavación en el margen derecho del río.
Puente de San Antonio	El Barrio San Antonio y la Suiza	Sobre La Quebrada Armado	Su construcción es de concreto, tiene un reducido ancho y poca altura lo que hace que en avenidas fuertes, sobrepase el nivel del puente, actualmente existe socavación en ambos márgenes.
Puente de La Selva	Las Colonias y la Suiza	Sobre el río Tuis	Es un puente de metal, En estado de deterioro y socavado en ambos márgenes del río.
Puente de la Leona	Comunidades de Tuis, Calle Rivel, La Selva y Las Colonias	Sobre la quebrada Armado	Es un antiguo puente de concreto con un reducido ancho y existe socavación en ambos márgenes del río.
Puente de la Gata	En la Suiza	Sobre la quebrada la Gata	Es muy angosto estrangulando el caudal durante avenidas fuertes.
Puente de Atirro	Hacienda Atirro	Sobre el río Tuis	Este puente ha sido el único que ha resistido la inundación del 1970. Tiene una altura y un ancho amplio, lo que explica su resistencia, además de que en esta sección el cauce es profundo.

Esto refleja la falta de planificación urbana, pues las infraestructuras son construidas sin ningún estudio técnico, sin analizar los periodos de recurrencia de eventos extremos, sino más bien por salir del compromiso, solventando un problema inmediato.

En ocasiones los políticos aprovechan dichos desastres para hacer proselitismo, desconociendo los riesgos a los que pueden quedar expuestas las comunidades.

A su vez Instituciones como el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, la Municipalidad fueron mencionadas por el 100% de los entrevistados, como las obligadas a hacer las respectivas reparaciones en las infraestructuras comunales dañadas (puentes, carreteras, etc.); pero consideran que ha existido negligencia en el limpiado de los cause y reparación de los diques, pues aducen problemas presupuestarios, de daños de las maquinarias, etc.

c) Factores socioeconómicos

a) Calidad de vida

Indicador: Nivel de educación de la población

Valor: 4 Nivel: muy altamente vulnerable

Solamente el 17.8% de la población tiene estudios de secundaria, lo cual refleja una muy alta vulnerabilidad, pues este aspecto tiene relación directa con la capacidad de gestión local para el desarrollo, y el nivel de empleo al que puedan acceder, para mejorar su condición de vida.

Indicador: Nivel de Ingreso de la población.

Valor: 3 Nivel: Altamente vulnerable

Existe una alta vulnerabilidad, ya que el 95% de la población tiene salarios que oscilan entre 50.000 a 100.000 colones; pues los niveles de ingreso reflejan incapacidad de los pobladores de reconstruir sus viviendas después de un evento, y mucho menos la capacidad de reinstalarse en un lugar más seguro. Este indicador esta directamente relacionado con el nivel de educación de los habitantes, pues les imposibilita la obtención de un mejor trabajo que les genere más ingreso, para solventar sus problemas de vida. Por ejemplo, según lo expuesto en el perfil de vida de los pobladores en áreas de riesgo (acápite 4.4.3); en su mayoría sus empleos son: peones de finca, pensionados, empleadas domésticas o trabajan en restaurantes.

Indicador: Tenencia de tierras

Valor: 4 Nivel: muy altamente vulnerable

La tenencia de tierras refleja que las familias que viven cercanas a áreas de riesgo no cuentan con ningún tipo de activos que les respalde en un momento de emergencia y más bien se explica que esta gente vive en dichas zonas porque su capacidad monetaria no les permite acceder a un mejor sitio.

Indicador: Acceso a servicios básicos

Valor: 0 Nivel: ninguna vulnerabilidad

El indicadores acceso a servicios básicos no muestra vulnerabilidad ya que el 100% de la población tiene acceso a dichos servicios, siendo muy importante mencionar que la Asociación de Acueductos de la Suiza, ha obtenido méritos por parte de Acueductos y Alcantarillados (AyA), siendo galardonados con la bandera blanca, que significa que cumplen todos los requerimientos técnicos de supervisión y sanitarios.

d) Factor: la organización local

Al evaluar los indicadores presentados en el cuadro 21 se puede decir que la organización a nivel local es una fortaleza, obteniendo los niveles de muy baja vulnerabilidad, pero al evaluar el nivel de incidencia en la zona resultó existir una alta vulnerabilidad, pues existe un bajo reconocimiento de los habitantes de la existencia de los comités de emergencia locales .

A continuación se presentan la tipificación de la organización :

Indicador: número de estructuras organizativas presentes:

Valor: 0 Descripción : Muy baja Vulnerabilidad

En las comunidades de Canadá, La Suiza y Tuis, existen:

- Asociación de desarrollo comunal: su función es velar por el desarrollo de la comunidad y esta se apoya en comités locales. Están legalmente constituida y cuentan con una Junta Directiva.
- Comité de Emergencia Local: su función es velar por la prevención y mitigación de desastres, funcionan en coordinación con la Asociación de Desarrollo.
- Asociación de acueductos, legalmente constituidas y con personería Jurídica, vela por el abastecimiento de agua en las respectivas comunidades y trabajan en coordinación con el AYA.
- Fundación para el manejo de la Cuenca del río Tuis, recientemente conformada y su misión es la gestión de fondos para la implementación de proyectos para el manejo de la cuenca.

Es importante mencionar que en noviembre del presente año ha sido aprobado por la asamblea legislativa el proyecto de ley denominado: "Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca y subcuencas hidrográficas del río Tuis." decretando : //Plan permanente de manejo integral y de prevención de desastres naturales de la cuenca del río Tuis// el cual será ejecutado por La Comisión Permanente de Manejo Integral y Prevención de Desastres Naturales de la Cuenca del río Tuis (COMTUIS), la cual estará conformada por nueve miembros: a) El Director de el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central, del Ministerio del ambiente y Energía (MINAE), o su representante, b) un representante del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), c) un representante de la Comisión Nacional de Emergencia (CNE), d) Un representante del Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE), e) El alcalde del Consejo Municipal de la Municipalidad de Turrialba, f) Un representante comunal, designado por las Asociaciones de desarrollo integral de la zona que contemple a todos los distritos ubicados en la cuenca, g) Un representante de la Fundación Para el manejo Integral de la Cuenca del río tuis.

Indicador: Nivel de disposición de la población a la colaboración en actividades locales de desarrollo

Valor: 3 Descripción: Alta vulnerabilidad

Existe un cierto nivel de apatía en los asociados a las reuniones, por lo general del total de asociados con los que cuentan, solamente el 25% se presentan a las reuniones, por lo que para las asambleas siempre tienen que hacer una segunda convocatoria para cumplir el requisito de 50% más uno. Existe baja disposición a colaborar, en actividades en pro de la comunidad, por lo que tienen que recurrir a otros medios para la realización de actividades.

Indicador: Nivel de coordinación entre comunidades e Instituciones:

Valor: 0 Nivel: Muy baja vulnerabilidad

Existe coordinación en un 70% con Instituciones como el IMAS, ICE, Municipalidad, Coopesuiza, para solventar necesidades de infraestructura comunal, a su vez existe coordinación entre las asociaciones de desarrollo, para atención de emergencia en las inundaciones y para mejorar los servicios de la clínica de la localidad.

Indicador: Porcentaje de comités de emergencia Locales.

Valor: 0 Descripción: Muy baja vulnerabilidad

Los comités de emergencia, de Tuis, La Suiza y Canadá, han estado trabajando en conjunto con las escuelas, clínicas y Cruz Roja de la Suiza, en la formulación de un proyecto para el manejo de la

cuenca. También han participado en capacitaciones regionales, impartidas por la Comisión de Emergencia Nacional, sobre manejos y preparación de albergues y otros temas, lo cual indica la buena preparación ante desastres y por o tanto muy baja vulnerabilidad.

Indicador: Nivel de reconocimiento de los comités de emergencia en la población.

Valor: 3 Nivel: altamente vulnerable

La cuenca resultó vulnerable según este indicador, ya que al realizar las entrevistas con los habitantes de más altos riesgo, sobre la existencia de organización local para afrontar emergencias, solamente el 26% sabían que existen comités de emergencia locales, y solamente el 20% de los entrevistados sabía sus funciones, entre las que mencionaron: gestionar ayuda para la comunidad y velar por la seguridad de los afectados.

Al analizar el factor organización local según los indicadores antes descritos, existe una contradicción entre las estructuras organizativas locales y las bases comunales a las cuales estas representan, por una parte existe dinamismo y gestión en los miembros que conforman las diferentes organizaciones locales, lo que se ve reflejado en algunos logros tales como: La declaratoria de zona protectora de las partes altas en la vertiente sur, la conformación y legalidad de la Fundación para el Manejo Integral de la Cuenca del río Tuis, La reciente aprobación de la asamblea legislativa del proyecto de ley Plan Permanente de Manejo Integral de la Cuenca del río Tuis y la actual formulación y gestión de un proyecto de alerta temprana en coordinación con CEPREDENAC, el cual se piensa desarrollar como experiencia piloto, que servirá como modelo a replicarse en otras cuencas de alto riesgo.

Y en contradicción a las fortalezas anteriormente identificadas existe un débil apoyo de las bases comunales, lo que se manifiesta en ausentismo a las convocatorias de reunión y negligencia a colaborar en actividades de desarrollo comunal, al buscar una explicación lógica a tal contradicción se encontró que la mayoría de miembros que integran las organizaciones locales son personas que históricamente han estado organizadas y que en muchos casos, han sido o son miembros de diferentes estructuras locales, con un mayor nivel de educación. No así la mayoría de los habitantes en áreas de mayor riesgo son personas con problemas económicos y bajo nivel de ingreso, para los cuales su prioridades son solventar los problemas inmediatos de alimentación y fuentes de trabajo, por lo tanto consideran que al darse los eventos de inundaciones y deslizamientos es el gobierno el obligado a responder por los daños familiares y comunales.

Factor capacitación

Indicador: porcentaje de la población con capacidad de respuesta ante un deslizamiento o inundación

Valor: 4 Nivel: Muy altamente vulnerable

Según el indicador nivel de capacitación en la prevención y mitigación de desastres, solamente el 5% de la población ha recibido algún tipo de capacitación; esto refleja la incapacidad de respuesta de ser afectados durante un evento. En este aspecto vale la pena mencionar la apatía de muchos de los habitantes para asistir a las convocatorias, para algún tipo de capacitación, lo que refleja el nivel de desconocimiento de la magnitud del riesgo en el que viven.

Indicador: Porcentaje de la población con conocimientos de legislaciones ambientales y de construcción de viviendas

Valor: 4 Nivel: Muy altamente vulnerable

El nivel de conocimiento de las legislaciones, refleja una muy alta vulnerabilidad (Valor 4). En efecto, solamente el 2% de los entrevistados reconoció que tiene algún conocimiento sobre el marco legal e institucional de la protección ambiental. Este indicador está relacionado con nivel de incidencia de las organizaciones locales en la zona, anteriormente evaluado; esto refleja no solo debilidad a nivel de las estructuras locales, si no también a nivel institucional y municipal. Por ejemplo el 98% desconoce la existencia de legislaciones para la construcción de viviendas en áreas adecuadas, esto es obvio, pues han construidos sus viviendas en las riberas del río y sus aguas residuales domiciliarias y basuras son lanzadas al río directamente.

f) Factor Institucional

Indicador: Número de Instituciones presentes en la atención de emergencia

Valor: 0 Nivel: No Vulnerable

Entre las Instituciones, que prestan asistencia ante los eventos de inundación y deslizamientos, el 45% de los entrevistados mencionaron a la Cruz roja, Comisión de Nacional de Emergencias, Caja Costarricense del Seguro Social, Cuerpo de Bomberos e IMAS.

Indicador: Nivel de seguimiento y coordinación de las instituciones después de los eventos

Valor: 4 Nivel: Altamente Vulnerable

Aunque existe la presencia de las instituciones anteriormente mencionadas, el 90% de la población coincidió en decir que la asistencia solamente es para atender la emergencia y no existe un seguimiento después de pasado los eventos. A excepción de la Comisión Nacional de Emergencia que según las entrevistas con los integrantes de las comisiones de emergencia locales, les ha dadp seguimiento y capacitación, aunque no ha existido una buena coordinación.

A nivel general las políticas Instituciones existentes a nivel nacional, son deficientes y burocráticas; demostrando a nivel general marcadas deficiencias, no solo a nivel de las Instituciones que tienen que ver con la atención de emergencias; sino también aquellas relacionadas con las legislaciones, la educación, la salud , la agricultura, y las infraestructuras de comunicación.

4.5 Líneas de acción para la reducción de la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis

Con base en los resultados obtenidos, y a los aportes de los pobladores de las diferentes comunidades de Tuis y la Suiza, se presentan las líneas de acción a implementar para la reducción de la vulnerabilidad a las inundaciones y deslizamientos, haciendo énfasis en que el manejo de los recursos naturales y el manejo del componente social que no son excluyentes; si no más bien complementarios, para la obtención del objetivo deseado. Por tanto, cualquier acción de manejo de la cuenca debe partir de un consenso local participativo, donde los habitantes sean actores activos, en todo el proceso.

Estrategias y líneas de acción propuestas:

A mediano y largo plazo

- Formulación y gestión de proyectos de desarrollo, que incorporen el manejo de los recursos naturales, el mejoramiento de las condiciones sociales de los habitantes, y el mejoramiento de la capacidad hidráulica del río Tuis y sus afluentes principales (La Leona, La Gata, La Danta, Armado).
- Manejo de los recursos naturales: el manejo de los recursos naturales debe incorporar los componentes de ordenamiento, asistencia técnica, capacitación y educación ambiental, su adecuado manejo puede contribuir a la disminución del riesgo.

- Asistencia técnica agrícola: debe ser encaminada a la búsqueda de alternativas viables, que generen ingresos económicos a los productores sin la degradación de los suelos, tomando como base el mapa de capacidad de usos de las tierras, y estudios de mercados.
- Capacitación y educación ambiental: debe implementarse a todo nivel, desde el preescolar hasta adultos, haciendo énfasis sobre la legislación ambientales, normas de construcción y manejo de los desechos domésticos, planes de prevención y preparación.
- Mejoramiento de las condiciones sociales, tomando como base los aspectos más vulnerables identificados: Ubicación biofísica, nivel de empleo, nivel de educación , se deben gestionar proyectos para el mejoramiento de la capacidad local de las personas, la reubicación de familias a sitios menos vulnerables y la generación de fuentes de empleo.
- Reubicación de familias en alto riesgo: a través de un estudio de planificación urbana; se deben identificar zonas aptas para el desarrollo habitacional, que asegure bienestar y estabilidad social de las familias.
- Fuentes de empleo: en la actualidad el mayor problema, que enfrentan los pobladores de Tuis, es el nivel de empleo, que no les permite acceder a un mejor nivel de vida, y por ende a trasladarse a un lugar más seguro; se deben plantea opciones, desde el mejoramiento de la capacidad productiva y rentabilidad de los rubros agropecuarios y el aseguramiento de mercados, hasta la posibilidad del aprovechamiento del atractivo turístico sin que esto implique degradación de los recursos naturales.
- Protagonismo de actores locales: el desarrollo comunal es posible si existen organizaciones con capacidad de gestión, se debe de aprovechar el recurso humano local, para la concepción de ideas de proyectos que beneficien a las comunidades.

A corto plazo:

- La gestión ante entidades competentes para el pronto desalojo de las viviendas en más alto riesgo y el aseguramiento de traslado hacia un lugar adecuado.
- Mantenimiento y labores de dragado del cauce y refuerzo de diques y gaviones en las áreas de mayor riesgo de los cauces de ríos y quebradas.

- Mantenimiento de los caminos, a través de un adecuado sistema de drenaje de estos, para evitar la sedimentación de cauces del río y sus afluentes, a fin de disminuir el riesgo de inundaciones.

- Darle atención y seguimiento a la actual iniciativa de formulación y gestión del proyecto de alerta temprana que garantice la seguridad de los habitantes, asegurando la participación de los habitantes de la parte alta de la cuenca, como de la parte media y baja.

5. CONCLUSIONES

- La presente investigación ha servido de base para que los Comités de Emergencia Locales en coordinación con la Comisión de Emergencia Nacional (COEN) y la Comisión para la Prevención de Desastres Naturales de América Central (CEPREDENAC) formulen un proyecto de alerta temprana, que contribuirá a la prevención de desastres por inundaciones en esta cuenca.
- El reciente proyecto de ley: "Plan Permanente de Manejo Integral de la Cuenca del Río Tuis," implica la generación de un espacio importante, que de ser aprovechado, contribuirá al mejor manejo de los recursos naturales, al mejoramiento de las condiciones sociales de las poblaciones, reduciendo de esta forma la vulnerabilidad a los riesgos de inundaciones y deslizamientos.

Conclusiones con respecto a las hipótesis planteadas

- En los últimos 40 años, no ha existido un acelerado aumento de la deforestación en la cuenca del río Tuis, debido en gran parte a las limitaciones impuestas por las condiciones climatológicas y fisiográficas de la zona y a los bajos precios de los principales productos como el café y la caña, más que la conciencia ambiental en los productores.
- Las inundaciones y deslizamientos son amenazas permanentes de la zona. Pero una mayor cobertura adecuada, ayudaría a evitar que eventos de menor magnitud, causen mayores desastres.
- Los eventos extremos que generan inundaciones no tienen una frecuencia definida y pueden darse tanto por lluvias asociadas a disturbios atmosféricos particulares, como la inundación de 1970, o lluvias orográficas como la inundación de 1999.
- Las áreas de conflicto por intensidad de uso, están contribuyendo a la degradación de los recursos, especialmente en las subcuencas aledañas a las áreas urbanas como: La Danta y La Leona.

- La ausencia de practicas de conservación de suelos, en los sistemas de producción Café, Caña y pastizales, esta contribuyendo a la degradación de los suelos, sedimentando los cauces.
- Al evaluar la vulnerabilidad en sus diferentes factores permite determinar cuáles aspectos conducen a la vulnerabilidad y así priorizar las acciones encaminadas a su reducción y al fortalecimiento de los factores que indican resiliencia.
- Aunque existe por parte de los habitantes una percepción del riesgo del lugar que habitan, para ellos hay otros problemas inmediatos que resolver, como la alimentación de sus familias y la obtención de empleos.
- En la cuenca del río Tuis ha aumentado la vulnerabilidad social, por el aumento de la población en la ribera de los ríos, quebradas y en áreas en riesgo de sufrir deslizamientos.
- El nivel educativo y de ingreso de los habitantes de las áreas de riesgo tiene relación directa con su alojamiento en áreas de riesgo.
- Existe debilidad institucional, en la aplicación de la legislación ambiental y de planificación urbana, por parte de la Municipalidad.
- Existen estructuras organizativas locales interesadas en el desarrollo comunal, pero no existe un nivel de respuesta suficiente de la población base que representan.
- Las poblaciones en áreas de riesgo, consideran que es el gobierno quien tiene la obligación de responder al momento de una emergencia, y de hacer todas las obras de protección de cauces, diques y reconstrucción de sus viviendas.

6 RECOMENDACIONES

- Los Comités de emergencia y las organizaciones locales deben evaluar las experiencias aprendidas en eventos anteriores para planear acciones de prevención y mitigación de desastres.
- Debe existir un seguimiento al reciente proyecto de ley: Plan Permanente de Manejo Integral de la Cuenca del río Tuis, asegurando la participación de todos los habitantes de la cuenca en el planteamiento y ejecución de las acciones de manejo, así como la activa participación de todas las instituciones y organismos delegados en dicha ley.
- Se deben buscar alternativas productivas para aumentar la rentabilidad de los agricultores de la zona, fortaleciendo las acciones ya encaminadas de Coopesuiza; sobre la reconversión del rubro café convencional a café manejado en forma orgánica, siembra de pastos de corte y manejo del ganado semiestabulado, sistemas agroforestales con la implementación de obras de conservación de suelos, y el aseguramiento del mercado, y la búsqueda de opciones más rentables, y que a la vez aseguren la estabilidad del ecosistema, tomando como base la capacidad de uso de las tierras.
- Debe hacerse la planificación urbana de la zona, delimitando las zonas de mayor riesgo, donde no se deben construir viviendas, siendo rigurosos en la aplicación de las legislaciones; en este aspecto, la Municipalidad tiene que aplicar las ordenanzas municipales
- Es urgente la reubicación de las viviendas del caserío Oswaldo Molina y La Leona en las comunidades de Canadá, y la Suiza por el eminente riesgo de deslizamiento e inundaciones al que están expuestas respectivamente.
- Se debe velar por el mantenimiento de los caminos, tanto públicos como privados, para evitar la sedimentación de los cauces. Así mismo se deben poner atención a un adecuado diseño de los mismos para evitar deslizamientos.

Con respecto al cauce principal del río Tuis se recomienda:

- En la comunidad de Tuis, se recomienda que sobre el meandro donde se ubican las viviendas en riesgo (15 metros antes de llegar al puente, en el camino de La Suiza hacia

Tuis) la construcción de un dique aprovechando los materiales de la zona (piedras de gran tamaño).

- En el cauce sedimentado del río Tuis en el tramo del caserío La Selva, cercano a la propiedad de la familia Valerio, se recomienda la limpieza del cauce, así como la construcción de un dique con piedras de gran tamaño, aprovechando el material de la zona.
- En la comunidad de La Suiza es necesario el mantenimiento y reconstrucción del dique, ya que está deteriorado, así como realizar labores de limpieza del cauce.
- En el caserío de Canadá donde se ubica el quebrador "Turrialba", es necesario la corrección del cauce, la construcción de un dique, así como la evaluación y control de los trabajos de extracción de dicho quebrador.

Con respecto a la quebrada Armado se recomienda

- Eliminar la obstrucción (taponamiento) al margen izquierdo del río, con el objetivo de recuperar el cauce natural, evitando que las aguas se concentren en un solo brazo (derecho) del cauce, siendo este último precisamente donde se ubica en caserío San Antonio.
- Con el objetivo de darle mayor protección al caserío; se recomienda ahondar el cauce del río en las coordenadas 09°50' 47" Latitud Norte y 83°36'22" Longitud Oeste (los 100 m aguas abajo del "brazo" natural obstruido de la quebrada Armado), utilizando el material (piedras) presente en el área de ahondamiento, para hacer la prolongación del antiguo dique.
- También se recomienda reubicar las viviendas que se encuentran en la llanura de inundación del río, asegurando la destrucción de dichas habitaciones, para evitar futuros alojamientos.
- En las quebradas la Danta y La Leona, se recomienda la construcción de diques en los meandros de planicies para una mejor protección.
- En la quebrada La Gata se recomienda seguir las instrucciones emitidas por Obando, (1995) en su tesis sobre modelación hidrológica de dicha quebrada.

- Es urgente y necesario la implementación de un proyecto de alerta temprana, con la respectiva capacitación de la comunidad, sobre el funcionamiento de aparatos de medición de caudales, de precipitaciones y sistemas de comunicación.
- Es necesario el mantenimiento y reparación de los diferentes puentes, para evitar que sean socavados y luego destruidos por inundaciones.

Sobre futuras investigaciones en la zona

- Se recomienda hacer un análisis de costo/beneficio de las obras hidráulicas a realizar en cauces y quebradas, que sirva de base para decidir sobre qué implica menos costo: trasladar las viviendas en riesgo de inundación a lugares seguros o la realización de las obras de protección, mitigación y rehabilitación.
- Se recomienda hacer un estudio hidrológico de la represa hidroeléctrica ubicada en calle Rivel, que valore los riesgos que implica para las poblaciones ubicadas en la parte baja de la cuenca.

7 LITERATURA CITADA

Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2000. Proyecto de Ley: plan de ordenamiento y declaratoria de zona protectora de la cuenca hidrográfica y subcuenca del Río Tuis. Expediente N° 13.850. P28.

Aparicio, M. 1999. Dinámica de inundaciones del río Colorado e impacto en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CATIE. 78 p.

Araya, G. 1993. Análisis de los procesos de remoción en masa en la subcuenca del río Tuis, Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Tesis Licenciatura en Geografía, 114 p.

* Cáceres, K. 2001. Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad a desastres naturales, asp Mag. Sc, CATIE, Turrialba. 110 p.

Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo. 10 p.

Centro de Estudios Hidrográficos, 1999. Metodología para la elaboración de un plan de desarrollo agrario en el Salvador, Programa de cooperación medioambiental en Ibero América, 71 p.

Centro Científico Tropical. 1985. Sistema para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, 106 p.

Comisión Nacional de Emergencia, 1996. Modulo de deslizamientos, Costa Rica 9 p.

Comisión Nacional de Emergencia, 1996. Modulo de inundaciones, Costa Rica, s/n

Comisión Nacional de Emergencia, 1997. Lista básica de comunidades nacionales prioritarias según región bajo la influencia de amenazas naturales o tecnológicas. San José Costa Rica. 9 p.

Cubero, D. 2000. Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras. San José, C. R.: CCS: MAG: ARAUCARIA. 18 p.

Cubero, D. 2001. Apuntes de clase del curso Manejo de Cuencas Hidrográficas. CATIE, Turrialba Costa Rica.

Del Palacio, E. 1999. La restauración hidrológico-forestal en España, Gestión sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio del Medio Ambiente, p 16-18.

Estado de la Nación; CEPREDENAC; PNUD; PRISMA. 1999. Vulnerabilidad económica y Social. Resumen Ejecutivo, Stockholm, Sweden. s/n

Ferreiro, O. 1984. Metodología para la planificación del manejo de cuencas hidrográficas y su aplicación a la cuenca del río Tuis. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 489 p.

Forest resources assessment. 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes, FAO. P 47-49

Fundación Neotrópica, 1996. Clasificación de la capacidad de uso de las tierras forestales en Costa Rica, hojas topográficas Tucurrique y Pejibaye.

Geilfus, F. 1998. Ochenta herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación, GTZ, IICA/Holanda LADERAS C.A. 201 P.

Gregersen, H.M; Brooks, K.N; Dixon, JA; Hamilton, L.S. 1988. Pautas para la evaluación económica de proyectos de ordenación de cuencas . Roma, Italia. FAO (Serie FAO Conservación N° 16). 193 p.

Gutiérrez, C. 1987. Documento de trabajo. Propuesta del plan de acción para la cuenca del río Tuis, Turrialba, C.R. AID/ROCAP, Proyecto Regional de Manejo de Cuencas, CATIE. p.1-28.

Hamilton, L.S; King, P.N. 1983. Tropical Forested Watersheds. Hydrologic and Soils Response to Major Uses or Conversions. Colorado, USA. Westview Press, Inc. 168 p.

_____. 1985. Towards clarifying the appropriate mandate in forestry for watershed rehabilitation and management. Report on an expert meeting on strategies, approaches and systems for integrate watershed management. Kathmandu, Nepal, FAO, East-West Center. 40 p.

Hewlett, J.D. 1982. Principles of forest hydrology. Athens, Ga, EE:UU; University of Georgia press. 183 p.

ICE (Instituto Costarricense de electricidad, CR). 1999. Plan de manejo integral de la cuenca del río Reventazón. Informe de diagnóstico, caracterización de los aspectos ambientales, "amenazas naturales". 57 p.

ICE (Instituto Costarricense de electricidad, CR). 1999. Plan de manejo integral de la cuenca del río Reventazón. Informe de diagnóstico, Anexo A: Hidrología, p 1-59.

Instituto Meteorológico Nacional. 1998. Catastro de las series de precipitaciones medidas de Costa Rica, p 63-123.

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. 1983. Plan Regulador de la Suiza. San José, CR, 14 p.

* Lavell, A. 1996. Ciencias Sociales y Desastres Naturales en América Latina: un encuentro inconcluso. In: Maskrey, A. ed. Los desastres no son naturales. Bogotá, CO. La Red. p. 135-154.

Maseda, O. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación Mesmis. Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada. México D. F. Muldiprensa. 20 p.

* Mora, S; Valrson, W. s/f. Determinación "a priori" de las amenazas de deslizamientos sobre grandes áreas, utilizando indicadores morfodinámicos. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica. 27 p.

Nygren, A. 1992. Deforestation case study from alto Tuis, Costa Rica. World forest, society and environment. p 254-255.

Núñez, J. 1985. Estudio semidetallado de suelos en el área Sur de la cuenca del río Tuis. Tesis Mg. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 310p.

OEA: Departamento de desarrollo Regional y Medio Ambiente. 1993. Manual sobre el manejo de recursos naturales en la planificación del desarrollo regional integrado. Washington, OEA. P. irr.

Obando, L. 1985. Análisis de las inundaciones en la cuenca del río Tuis mediante la modelación hidrológica e hidráulica de eventos máximos. Tesis Mg. Sc., Turrialba, CR, CATIE. 163 p.

* Wilches-Chaux, G. 1989. La vulnerabilidad global. In: Los desastres no son naturales. Maskrey, A. ed. Bogotá, CO, La Red. p. 9-47.

Wong, D; Samudio, R; Mora, H. Determinación de la vulnerabilidad y estimación de daños ante los desastres naturales en los centros educativos en la República de Panamá. Universidad Tecnológica de Panama. En línea el 16 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.utp.ac.pa/investigaciones/escuela.html>

ANEXOS

Anexo 1

**Promedios de precipitaciones según las diferentes estaciones
meteorológicas cercanas a la cuenca del río Tuis**

Mes	La Suiza	CATIE	Cuenca	Platanillo
Enero	130	168	214	139
Febrero	92	140	165	100
Marzo	61.7	87	140	77
Abril	114	119	257	137
Mayo	225	232	520	253
Junio	290	280	588	326
Julio	256	278	382	261
Agosto	240	256	477	264
Setiembre	278	248	600	300
Octubre	279	256	665	310
Noviembre	251.8	264	513	306
Diciembre	247.1	309	349	268

Fuente: Instituto meteorológico de costa Rica

Anexo 2

Ejemplo para la determinación de la capacidad de uso

Utilizando la clave de clasificación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica se les dio valor a los parámetros observados en el campo y luego se ubicaron en clases según su categoría, uno ó más parámetros que resulten con la mayor clase son los que definen la clase de capacidad de uso. En el cuadro siguiente se describen los parámetros evaluados.

Descripción y valores de las Unidades de manejo VIIe12s1234d1c1

Parámetros evaluados	Símbolo	Observación	Descripción de la categoría	Valor de la categoría	Clase
Pendiente	e ₁	20-30%	Ondulado	4	IV
Erosión sufrida	e ₂	Erosión en forma laminar	Moderada	3	III
Profundidad efectiva	s ₁	51 cm	Poco profundo	4	V
Textura (0-30 cm.)	s ₂	Arenoso Franco	Moderadamente gruesas	2	II
Textura (30-60 cm.)	s ₂	Franco	Medianas	1	I
pedregosidad	s ₃	35% de piedras por volumen	Muy pedregoso	5	V
Fertilidad*	s ₄	Suma de bases 1.21 Saturación de acidez 85%	Muy baja	4	VII
Drenaje	d ₁		Moderadamente excesivo	2	II
Riesgos de inundación	d ₂		Nulo	1	I
Zonas de vida	c ₁		Bosque pluvial premontano bp-p	4	V
Periodo seco	c ₂		Moderado	2	I
Neblina	c ₃		Ausente		
viento	c ₄		Ausente	1	I

*En este ejemplo, la mayor limitante es la fertilidad, que al ser muy baja clasifica a la unidad de manejo en clase VII, por tanto en la leyenda aparece subrayada, a la vez aparecen las otras limitantes que aunque no son tan severas limitan la capacidad productiva de estas tierras, por lo tanto cualquier uso agrícola a realizar, tendrá que considerar dichas limitantes.

Anexo 3

Ejemplo de guía de entrevista para los productores de la Cuenca de Tuis realizada en los talleres participativos

1. Sobre la propiedad
 - Tenencia y tamaño de la finca
1. Determinación de sistemas de producción
 - ¿Cuáles son los componentes del sistema?
2. Caracterización del subsistema agrícola
 - Principales cultivos
 - Problemas de producción y comercialización
 - Mano de obra
 - Prácticas de manejo aplicadas
 - ¿Quién proporciona asesoría técnica?
 - Ingresos, comparación con situación hace unos años
 - Proyección a futuro
4. Caracterización del subsistema de producción animal
 - Principales tipos de producción
 - Problemas de producción y comercialización
 - Mano de obra
 - Prácticas de manejo aplicados
 - ¿Quién proporciona asesoría técnica?
 - Ingresos, aspectos de género
 - Comparación con situación hace unos años
 - Proyección a futuro

Anexo 4**Cuestionario para evaluar el aspecto organización de los
Comités de Emergencia y Asociaciones de Desarrollo**

- ¿Cuáles organizaciones están activas?
- ¿Qué actividades han tenido los últimos 6 meses?
- ¿Cuáles instituciones responden a fenómenos puntuales?
- ¿Están legalizadas, tienen estatutos, junta directiva?
- ¿Qué logros han tenido el último año?
- ¿Qué apoyo reciben de las Instituciones nacionales?
- ¿Tienen apoyo técnico y social?

Anexo 5

Ejemplo de guía de entrevista para los habitantes de áreas críticas

1. Introducción:

Estimado señor o señora:

Esta es una investigación de tesis llevada a cabo por la estudiante: Blanca Aracely Meléndez del CATIE, con el objetivo de hacer un estudio de la vulnerabilidad ante inundaciones y deslizamientos de los habitantes de la cuenca del río Tuis. Su información será manejada absolutamente confidencial. Muchas Gracias por su tiempo.

2. Información general

- Dirección la vivienda
- Tamaño del grupo familiar
- Fecha de llegada a la comunidad

3. Datos sociales

- Grado de escolaridad del grupo familiar
- Fuentes de ingreso y miembros de la familia que laboran
- Tenencia de la vivienda
- ¿Es propietaria de tierras en la zona? (si la respuesta es positiva concertar cita para hacer un recorrido por la finca y evaluar los sistemas de producción existentes)

3. Información específica sobre los eventos.

- Frecuencia de inundaciones y deslizamientos
- Problemas causados a las familias
- Instituciones y organismos que prestan asistencia en dichos eventos
- ¿Qué tipo de asistencia dan?
- Existencia de organización local ¿Cuáles son sus funciones? ¿Integra algún miembro de la familia dicha organización?
- ¿Han recibido algún tipo de capacitación para la prevención y mitigación de dichos eventos?
- Estrategias del grupo familiar para sobreponerse después de un evento

4. Características de la vivienda

- Materiales de construcción de la vivienda
- Distancia al río o lugares de deslizamientos
- Servicios con los que cuenta

5. Datos económicos

- ¿Reciben asistencia crediticia o donación para la reconstrucción de la vivienda?
- Valor de las viviendas
- ¿Afectan sus ingresos los eventos?
- 5. Información de salubridad
 - ¿Qué tipos de enfermedades son más frecuentes en dichos eventos?
 - ¿Quién proporciona asistencia medica y es gratuita o pagada?
- 6. Datos ambientales
 - ¿Por qué consideran que se dan dichos eventos?
 - ¿Cómo se ven afectados el cauces del río y los suelos?
 - ¿Existe disminución de los bosques en la zona?
 - ¿Qué actividades humanas contribuyen a la degradación de los recursos naturales?
 - ¿Cómo pueden contribuir las personas a la preservación del ambiente?
 - ¿Tiene conocimientos sobre legislaciones ambientales para proteger el ambiente?
- 7. Datos de ordenamiento Urbano
 - ¿Existe alguna institución que regule la construcción de las viviendas en zonas de riesgo?
 - ¿Conocimiento sobre las regulaciones/legislaciones/ordenanzas en la construcción de vivienda en zonas de riesgo?
 - ¿Por qué vive en esta zona?
- 8. Datos sobre infraestructura y vías de comunicación comunal
 - Construcción de los puentes y mantenimiento de carreteras ¿Quién es responsable?
 - ¿Consideran que son adecuadas las infraestructuras para soportar un evento?
 - ¿Cuáles infraestructuras y carreteras son más dañadas en los eventos?
 - ¿Quiénes son los encargados de repararlas?

Gracias por su información