

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

**METODOLOGÍAS PARA ESTIMAR DEGRADACIÓN Y VULNERABILIDAD A
DESASTRES NATURALES: APLICACIÓN A LA MICROCUENCA LOS
NARANJOS, LAGO DE YOJOA, HONDURAS**

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

Magíster Scientiae

Por

KARLA CÁCERES JOHNSON

Turrialba, Costa Rica
2001

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por haberme dado la sabiduría, tolerancia y fuerzas necesarias para culminar mis estudios

A mi madre Paulina por brindarme su apoyo en todo momento y depositar su confianza en mí

A mi adorada hija Andira Naomi por hacer más agradables los momentos vividos en el CATIE

AGRADECIMIENTOS

Al gobierno de Suecia y a ASDI, porque con su apoyo financiero fue posible realizar mis estudios de maestría en el CATIE.

Al Dr. Francisco Jiménez, mi Profesor Consejero, por su amistad, su dedicación y valiosa enseñanza ofrecida durante el tiempo de estudio principalmente en el asesoramiento de mi trabajo de tesis. Sinceramente muchas gracias.

Al Dr. Bommat Ramakrishna y M.Sc. Oscar Brenes, miembros de mi comité, por la amistad brindada, su disponibilidad y sus acertadas observaciones.

A la Administración Forestal del Estado (AFE-COHDEFOR) por permitirme viajar a este país para realizar mis estudios de maestría.

A las personas que de una y otra forma me brindaron su apoyo en Honduras para realizar mi trabajo de tesis, entre ellos: Lili Acosta, Iris Zavala, e Ismael Lozano.

A todo el personal del CATIE que de una u otra forma son parte involucrada para la culminación feliz de este estudio. Es especial al personal de la Escuela de Posgrado y Biblioteca Orton por el apoyo y dedicación brindada.

A todos mis compañeros y amigos de promoción, por la enseñanza y amistad brindada en estos dos años de convivencia. En especial a Catarina, Luisa, Blanca, José Juan, y Suyapa por demostrarme su amistad y aprecio.

A todos mis familiares y amigos que siempre mostraron apoyo desde la distancia. Mil gracias.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
<hr/>	
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 HIPÓTESIS	4
1.5 LITERATURA CITADA	5
 II. REVISIÓN DE LITERATURA	 6
<hr/>	
2.1 MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS	6
2.1.1 CUENCA	6
2.1.2 CUENCA	6
2.1.3 SUBCUENCA	7
2.1.4 MICROCUENCA	7
2.2 IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL USO DE LA TIERRA	7
2.3 ETAPAS DEL USO DE LA TIERRA EN HONDURAS	8
2.4 MANEJO DE DESASTRES NATURALES	9
2.4.1 LOS DESASTRES NATURALES	10
2.4.2 DESASTRES NATURALES EN AMÉRICA LATINA	11
2.5 LAS AMENAZAS	13
2.5.1 HURACANES	13
2.5.2 TERREMOTOS	13
2.5.3 INUNDACIONES	13
2.5.4 DESLIZAMIENTOS	14
2.5.5 TSUNAMIS (MAREMOTOS)	14
2.5.6 ERUPCIONES VOLCÁNICAS	14
2.5.7 SEQUÍAS	14
2.6 VULNERABILIDAD GLOBAL	14

2.6.1 LA VULNERABILIDAD FÍSICA	15
2.6.2 LA VULNERABILIDAD SOCIAL	15
2.6.3 LA VULNERABILIDAD ECOLÓGICA	15
2.6.4 LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA	16
2.6.5 LA VULNERABILIDAD POLÍTICA	16
2.6.6 LA VULNERABILIDAD TÉCNICA	16
2.6.7 LA VULNERABILIDAD IDEOLÓGICA	17
2.6.8 LA VULNERABILIDAD CULTURAL	17
2.6.9 LA VULNERABILIDAD EDUCATIVA	17
2.6.10 LA VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL	18
2.7 RIESGO TOTAL	18
2.7.1 RIESGO ESPECÍFICO	18
2.7.2 RIESGO AMBIENTAL	18
2.7.3 RIESGO INDUSTRIAL	19
2.7.4 RIESGO ANTRÓPICO	19
2.7.5 ELEMENTOS BAJO RIESGO	19
2.8 DEGRADACIÓN	19
2.8.1 INDICADORES USADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEGRADACIÓN	20
2.8.2 METODOLOGÍAS ESTUDIADAS PARA ESTA INVESTIGACIÓN	21
2.9 LITERATURA CITADA	22

III. METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA DEGRADACIÓN DE UNA CUENCA; APLICACIÓN EN LA MICROCUENCA LOS NARANJOS **25**

3.1 INTRODUCCIÓN	25
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.2.1 PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA	27
3.2.1.1 Recopilación de información, evaluación, y selección de la misma	27
3.2.1.2 Selección de indicadores y/o variables para determinar la degradación de una cuenca	28
3.2.1.3 Propuestas metodológicas para estimar la degradación de una cuenca	29
3.2.1.3.1 Metodología rápida para estimar la degradación de una cuenca	29

3.2.1.3.1.1 Evaluación de los datos para estimación de la degradación de la cuenca utilizando la metodología rápida	34
3.2.1.3.2 Metodología detallada para estimar la degradación de una cuenca	34
3.2.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	52
3.2.2.1 Descripción del área de estudio	52
3.2.2.2 Reconocimiento de campo del área de estudio y recopilación de información	54
3.2.2.3 Análisis del estado actual de la cuenca con base en la información recopilada y aplicación de la escala de degradación	54
3.3 RESULTADOS	56
3.3.1 COMPONENTE BIOFÍSICO	56
3.3.2 COMPONENTE SOCIAL	57
3.3.3 COMPONENTE ECONÓMICO	58
3.3.4 DEGRADACIÓN DE LA MICROCUENCA	58
3.4 DISCUSIÓN	60
3.5 CONCLUSIONES	61
3.5.1 CONCLUSIONES SOBRE EL PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	61
3.5.2 CONCLUSIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	62
3.6 RECOMENDACIONES	64
3.7 LITERATURA CITADA	65

IV. METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA VULNERABILIDAD A DESASTRES NATURALES; APLICACIÓN EN LA MICROCUENCA LOS NARANJOS **68**

4.1 INTRODUCCIÓN	68
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS	71
4.2.1. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	71
4.2.1.1 Recopilación de información, evaluación, y selección de la misma	71
4.2.1.2 Selección de variables para estimar la vulnerabilidad a desastres naturales en una cuenca	71
4.2.1.3 Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad a desastres naturales en una cuenca	74
4.2.1.3.1 Evaluación de los datos para estimación de la vulnerabilidad de la cuenca	80

4.2.1.3.2 Ejemplo de aplicación de la metodología	81
4.2.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	83
4.2.2.1 Descripción del área de estudio	83
4.2.2.2 Reconocimiento de campo del área de estudio y recopilación de información	84
4.2.2.3 Análisis del estado actual de la cuenca con base en la información recopilada y aplicación de la escala de vulnerabilidad	85
4.3 RESULTADOS	87
4.3.1 VULNERABILIDAD FÍSICA	87
4.3.2 VULNERABILIDAD SOCIAL	88
4.3.3 VULNERABILIDAD ECOLÓGICA	88
4.3.4 VULNERABILIDAD ECONÓMICA	89
4.3.5 VULNERABILIDAD POLÍTICA	89
4.3.6 VULNERABILIDAD TÉCNICA	90
4.3.7 VULNERABILIDAD IDEOLÓGICA	91
4.3.8 VULNERABILIDAD CULTURAL	91
4.3.9 VULNERABILIDAD EDUCATIVA	92
4.3.10 VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL	92
4.3.11 VULNERABILIDAD GLOBAL	93
4.4 DISCUSIÓN	94
4.5 CONCLUSIONES	96
4.5.1 CONCLUSIONES SOBRE EL PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	96
4.5.2 CONCLUSIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	97
4.6 RECOMENDACIONES	98
4.7 LITERATURA CITADA	99
<u>V. ACCIONES DIRIGIDAS A LA REHABILITACIÓN Y MANEJO DE LA MICROCUENCA LOS NARANJOS</u>	<u>101</u>
5.1 MANEJO FORESTAL	101
5.1.1 APROVECHAMIENTO FORESTAL	101
5.1.2 TRATAMIENTO SILVICULTURAL	101
5.1.3 PLAN DE PROTECCIÓN	103

5.1.4 INCENTIVOS PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES	103
5.1.5 ANÁLISIS DE COSTOS E INGRESOS	103
5.2 AGROFORESTERÍA	104
5.2.1 SISTEMA SILVOPASTORIL	104
5.2.2 HUERTOS CASEROS	105
5.2.3 OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO	106
5.2.3.1 Barreras vivas	107
5.2.3.2 Acequias de infiltración	108
5.2.4 CORTINAS ROMPEVIENTOS	109
5.3 DESARROLLO COMUNITARIO	110
5.4 LITERATURA CITADA	111
<u>VI. CONCLUSIONES</u>	<u>112</u>
<u>VII. RECOMENDACIONES</u>	<u>113</u>
7.1 RECOMENDACIONES DEL PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	113
7.2 RECOMENDACIONES DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	113
<u>VIII. ANEXOS</u>	<u>115</u>

CÁCERES, K., 2001. Degradación y vulnerabilidad a desastres naturales de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Palabras claves: Degradación, vulnerabilidad, desastres naturales, variables, indicadores, índice de caracterización, escalas, cuenca, microcuenca.

RESUMEN

El paso del huracán Mitch por Centroamérica y el Caribe en octubre de 1998 llamó la atención internacional sobre la vulnerabilidad de la población a los desastres naturales. La frecuencia y la intensidad de los desastres naturales puede relacionarse con la degradación ambiental; el desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad de la región a estos eventos.

El desastre implica dos conceptos básicos:

1. Hace relación a un daño brusco o súbito, con muertes y alteraciones físicas, mentales o sociales en una población, con alguna magnitud.
2. Se requiere ayuda especial y externa al lugar y la comunidad afectada.

La capacidad para enfrentar el desastre radica en el grado de desarrollo social, tecnológico y económico de la población o comunidad afectada. A mayor desarrollo, la experiencia indica que hay menos posibilidad de desastre o, si sucede, sus consecuencias serán menos graves en la población. Las sociedades, y las políticas que guían los sectores económicos y las tecnologías empleadas conducen a que las actividades humanas ocasionen una presión directa sobre el ambiente. Las actividades humanas y los procesos naturales pueden interactuar para ocasionar presiones indirectas adicionales sobre el ambiente. El empobrecimiento, migración y falta de estructuración de las comunidades conlleva problemas de degradación, pero hasta ahora entendemos poco sobre las relaciones entre ellos.

Tomando en cuenta la poca disponibilidad de metodologías de determinación de degradación y vulnerabilidad a desastres naturales, (refiriéndose concretamente a fenómenos hidrometeorológicos) se propone formular un enfoque metodológico específico para determinar estos dos aspectos. Por lo tanto, es necesario desarrollar una metodología para determinar la degradación de la cuenca y su vulnerabilidad a desastres naturales, y con base en esta estimación elaborar una propuesta para la rehabilitación de las áreas críticas. Paralelamente se está desarrollando un movimiento internacional para la certificación de manejo adecuado y pago de ese servicio en cuencas hidrográficas, lo que refuerza la necesidad de metodologías para determinar la degradación y vulnerabilidad de las cuencas.

En esta metodología se utilizan indicadores y/o variables para simplificar el análisis, cuantificar y analizar, y comunicar la información, reducir el nivel de incertidumbre, permitiendo a la sociedad definir mejor las prioridades y urgencias. Los indicadores pueden definirse como herramientas para agregar y simplificar la información de una manera útil y ventajosa. Normalmente no es suficiente un solo indicador para todo el sistema, sino que se requiere un conjunto de indicadores que describen los cambios en los aspectos biofísico, social, y económico. Tampoco existen indicadores universales para todos los sistemas, sino que los indicadores se definen de acuerdo con las propiedades específicas del sistema bajo análisis, esta metodología se construye bajo los enfoques biofísicos, sociales, y económicos para la degradación y toma en cuenta los diez tipos de vulnerabilidad expuestos por Wilches-Chaux para la vulnerabilidad global a desastres naturales en una cuenca.

La metodología propuesta fue aplicada a la microcuenca Los Naranjos, que se ubica en la cuenca del Lago de Yojoa, la cual es una de las más importantes de Honduras debido a la diversidad y potencialidad de sus recursos naturales (suelo, agua, bosque, y biodiversidad), producción de electricidad, y alto potencial ecoturístico. Sin embargo, está sometida a procesos progresivos de degradación de sus recursos naturales, lo que ha provocado el incremento de su vulnerabilidad ambiental, social y económica. Lo anterior también ha ocasionado la presencia de diversos desastres naturales, que han afectado al lago mismo, obras y actividades humanas, así como el ambiente natural de dicha área geográfica.

CÁCERES, K., 2001. Degradation and vulnerability to natural disasters in Los Naranjos micro-basin, Yojoa lake, Honduras. Mag. Sc. Thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Key words: Degradation, vulnerability, natural disasters, variables, indicators, index of characterization, scales, watershed, micro-basin.

SUMMARY

The path of hurricane Mitch by Central América and the Caribe in October 1998 called the international attention about the vulnerability of the population to natural disasters. The intensity and frequency of natural disasters could be related to the environmental degradation; the sustainability development could reduce the vulnerability region to those events.

Disaster imply two basic concepts:

1. It makes relationship to an abrupt or sudden damage, with deaths and physical, mental, and social alterations in a population, with some magnitude.
2. Special and external help is required to the place and the affected community.

The capacity to face the disaster resides in the degree of the population's social, technological and economic development or affected community. To more development, the experience indicates that there is less disaster possibility or, if it happens, its consequences will be less serious in the population. The societies, and the political that guide the economic sectors and the used technologies drive to the human activities cause a direct pressure on the environment. The human activities and the natural processes can interact to cause additional indirect pressures on the environment. The impoverishment, migration and lack of structuring of the communities bears degradation problems, but up to now we understand little about the relationships between them.

Considering the few availability of methodologies for degradation determination and vulnerability to natural disasters, (referring concretely to hydrometeorology phenomena) it intends to formulate a specific methodological focus to determine these two aspects. Therefore, it is necessary to develop a methodology to determine the degradation of the watershed and its vulnerability to natural disasters, and based in this estimation, to elaborate a proposal for the rehabilitation of the critical areas. Parallely it is developing an international movement for the certification of appropriate management and pay of that service in watersheds, what reinforces the necessity of methodologies to determine the degradation and vulnerability of the watersheds.

In this methodology indicators are used to simplify the analysis, to quantify and analyze, and to communicate the information, to reduce the level of uncertainty, allowing to the society to define better the priorities and urgencies. The indicators can define as tools to add and to simplify the information in an useful and advantageous way. Normally it is not enough using a unique indicator for the whole system, but rather a group of indicators is required which describe the changes in biophysical, social, and economic aspects. Neither universal indicators exist for all the systems, but rather the indicators are defined according to the specific properties for the system under analysis, this methodology is building under biophysical, social, and economic focus for the degradation and regard ten types of vulnerability exposed by Wilches-Chaux for the global vulnerability to natural disasters in a watershed.

The proposed methodology was applied to the micro-basin Los Naranjos which is located in the watershed of the Yojoa lake, what is one of the most important watershed in Honduras, due to the diversity and potentiality of its natural resources (soil, water, forest, and biodiversity), electricity production, and high ecotourist potential. However, it is subjected to progressive processes of degradation of its natural resources, what has caused the increment of its environmental, social and economic vulnerability. The above-mentioned has also caused the presence of diverse natural disasters that have affected to the lake, physical structures and human activities, as well as the natural environment of this geographical area.

LISTA DE CUADROS

	PAGINA
1. Principales desastres climáticos para países seleccionados de Latinoamérica y el Caribe	12
2. Caracterización e índices de degradación para la metodología rápida	29
3. Ríos afectados por efectos de erosión y sedimentación	30
4. Contaminados del río (basura, químicos, desechos sólidos, industriales, etc.)	30
5. Cuando ocurren inundaciones	30
6. Cuando se queman los campos agrícolas	31
7. Cuando se observa sobrepastoreo (degradación del suelo)	31
8. Cuando hay deslizamientos	31
9. Cuando pendientes fuertes se dedican a la agricultura intensiva	31
10. Cuando hay deforestación, principalmente de laderas	32
11. Cuando los bosques primarios han sido eliminados	32
12. Cuando los servicios de salud, educación, vivienda, transporte son deficientes o no existen	32
13. Cuando hay escasez de leña, madera, postes	33
14. Cuando hay sobreexplotación de los recursos naturales	33
15. Cuando hay un uso inadecuado del suelo	33
16. Escala de índices de degradación para la metodología rápida	34
17. Indicadores del componente biofísico	35
18. Indicadores del componente social	35
19. Indicadores del componente económico	36
20. Caracterización e índices de degradación para la metodología detallada	36
21. Ponderación de la variable Deforestación	37
22. Ponderación de la variable Incendios Forestales	38
23. Ponderación de la variable Aprovechamiento ilegal	38
24. Ponderación de la variable Disponibilidad de agua potable	38
25. Ponderación de la variable Tratamiento del agua de consumo humano	39
26. Ponderación de la variable Contaminación de agua de consumo humano	39

27. Ponderación de la variable	Erosión hídrica	40
28. Ponderación de la variable	Sedimentación	40
29. Ponderación de la variable	Sobrepastoreo	41
30. Ponderación de la variable	Suelos sin cobertura	41
31. Ponderación de la variable	Analfabetismo	42
32. Ponderación de la variable	Concientización ambiental	42
33. Ponderación de la variable	Accesibilidad a centros educativos	43
34. Ponderación de la variable	Programas de vacunación	43
35. Ponderación de la variable	Programas de rescate en casos de emergencia	43
36. Ponderación de la variable	Prevención y erradicación de pestes / enfermedades	44
37. Ponderación de la variable	Asistencia técnica a productores	44
38. Ponderación de la variable	Coordinación interinstitucional	45
39. Ponderación de la variable	Planes de Manejo	45
40. Ponderación de la variable	Ubicación poblacional	45
41. Ponderación de la variable	Tenencia de la tierra	46
42. Ponderación de la variable	Desempleo	47
43. Ponderación de la variable	Poder adquisitivo de tierras (Honduras)	47
44. Ponderación de la variable	Cobertura y abastecimiento hidroeléctrico	47
45. Ponderación de la variable	Accesibilidad	48
46. Ponderación de la variable	Calidad de materiales empleados en construcción	48
47. Ponderación de la variable	Población dedicada al turismo	49
48. Ponderación de la variable	Tipos de trabajo	49
49. Ponderación de la variable	Fuentes de empleo	49
50. Escala de índices de degradación para la metodología detallada		50
51. Evaluación del componente Biofísico		51
52. Resultado general de la evaluación de la degradación de la cuenca		51
53. Uso actual del suelo de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras		55
54. Evaluación del componente biofísico en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras		57
55. Evaluación del componente social en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras		57

56. Evaluación del componente económico en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	58
57. Resultado general de la estimación de la degradación en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	59
58. Variables e indicadores usados para la estimación de la vulnerabilidad a desastres naturales	73
59. Caracterización e índices de vulnerabilidad	74
60. Ponderación de la variable: Asentamientos humanos en laderas	74
61. Ponderación de la variable: Asentamientos humanos en ribera de ríos	74
62. Ponderación de la variable: Resistencia de estructuras físicas	75
63. Ponderación de la variable: Instituciones presentes en la zona	75
64. Ponderación de la variable: Coordinación interinstitucional	75
65. Ponderación de la variable: Campañas de salud	75
66. Ponderación de la variable: Agricultura migratoria	76
67. Ponderación de la variable: Deforestación	76
68. Ponderación de la variable: Erosión hídrica	76
69. Ponderación de la variable: poder adquisitivo de tierras	76
70. Ponderación de la variable: Acceso a servicios públicos	77
71. Ponderación de la variable: Desempleo	77
72. Ponderación de la variable: Liderazgo en la comunidad para la toma de decisiones	77
73. Ponderación de la variable: Apoyo del Estado en proyectos comunales	77
74. Ponderación de la variable: Apoyo de partidos políticos en proyectos comunales	78
75. Ponderación de la variable: Presencia de equipo y obras para mitigar o prevenir desastres naturales	78
76. Ponderación de la variable: Tecnología de construcción en zonas de riesgo	78
77. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante un desastre natural	78
78. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante la amenaza de un evento	79
79. Ponderación de la variable: Integración de etnias a proyectos comunales	79
80. Ponderación de la variable: Participación de medios de comunicación	79
81. Ponderación de la variable: Programas de educación ambiental	79

82. Ponderación de la variable: Programas radiales de información	80
83. Ponderación de la variable: Asistencia técnica a productores	80
84. Ponderación de la variable: Planes de contingencia	80
85. Ponderación de la variable: Capacitación del personal técnico	80
86. Escala de índices de vulnerabilidad	81
87. Evaluación de la vulnerabilidad física	82
88. Resultado general de la evaluación de la vulnerabilidad de la cuenca	83
89. Uso actual del suelo de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	86
90. Evaluación de la vulnerabilidad física en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	88
91. Evaluación de la vulnerabilidad social en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	88
92. Cuadro 92. Evaluación de la vulnerabilidad ecológica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	89
93. Evaluación de la vulnerabilidad económica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	89
94. Evaluación de la vulnerabilidad política en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	90
95. Evaluación de la vulnerabilidad técnica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	91
96. Evaluación de la vulnerabilidad ideológica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	91
97. Evaluación de la vulnerabilidad cultural en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	92
98. Evaluación de la vulnerabilidad educativa en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	92
99. Evaluación de la vulnerabilidad institucional en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	93
100. Resultado general de la estimación de la vulnerabilidad en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	94

LISTA DE FIGURAS

	PAGINA
1. Mapa de ubicación del Lago de Yojoa y microcuenca Los Naranjos	53
2. Resultado general de la estimación de la degradación por componente de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	59
3. Mapa de Ubicación del Lago de Yojoa y microcuenca Los Naranjos	83
4. Resultado general de la vulnerabilidad global de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	94

LISTA DE ANEXOS

	PAGINA
1. Mapas de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras	116
2. Datos de la cuenca del Lago de Yojoa, Honduras	118
3. Imágenes de la microcuenca Los Naranjos, lago de Yojoa, Honduras	119

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los desastres naturales parecen convertirse en circunstancias cotidianas para 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 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 relaciones y respuestas que se suscitan en la sociedad política y civil (Lavell, 1996).

América Central sufrió en las últimas cuatro décadas pérdidas económicas por más de 30.000 millones de dólares a causa de desastres naturales como huracanes, terremotos, sequías e inundaciones. Según las estimaciones recopiladas por el Sistema de Integración Centroamericana, 5.000 habitantes de la región han muerto cada año en el último cuarto de siglo como consecuencia de estas catástrofes. Si a esto se suma el impacto de pequeños desastres, poco visibles y de escasa atención oficial, la cantidad de muertes podría duplicarse (Muñoz, 2001). Como producto de estos fenómenos inquietantes, se han generalizado en América Latina la degradación ecológica acelerada (especialmente la deforestación) y la desigualdad socioeconómica.

El empobrecimiento, migración y falta de estructuración de las comunidades conlleva a problemas de degradación, pero hasta ahora entendemos poco sobre las relaciones entre ellos. Partimos de la hipótesis de que la degradación ambiental y la desigualdad social están altamente interrelacionadas, y que se impactan entre ellas mediante la organización del control y del uso de los recursos naturales (Paulson, 1995).

El paso del huracán Mitch por Centroamérica y el Caribe en octubre de 1998 llamó la atención internacional sobre la vulnerabilidad de la población a los desastres naturales. La frecuencia y la intensidad de los desastres naturales puede relacionarse con la degradación ambiental; el desarrollo sostenible puede reducir la vulnerabilidad de la región a estos eventos. Identificar en las cuencas su estado de vulnerabilidad a desastres naturales es un

paso inicial en la creación de sistemas de alerta temprana y en la promoción de un tipo de desarrollo que minimice riesgos futuros.

El terreno montañoso de la región, unido a la mala gestión ambiental: deforestación, malas prácticas agrícolas y uso irracional de la tierra, aumentan los riesgos que provienen de las inundaciones y los deslizamientos de tierra e intensifican el efecto de las sequías. Es por esto que urge la elaboración y el planteamiento de metodologías para poder medir el grado de degradación en el contexto de una cuenca hidrográfica, y al mismo tiempo evaluar la vulnerabilidad a desastres naturales en la misma. Se espera aplicar dichas metodologías en la microcuenca Los Naranjos, ubicada en la cuenca del Lago de Yojoa, en la zona centro-occidental de Honduras.

La cuenca del Lago de Yojoa es una de las más importantes de este país, debido a la diversidad y potencialidad de sus recursos naturales (suelo, agua, bosque y biodiversidad), producción de electricidad, y alto potencial ecoturístico. Sin embargo, está sometida a procesos progresivos de degradación de sus recursos naturales, lo que ha provocado el incremento de su vulnerabilidad ambiental, social y económica. Lo anterior también ha ocasionado la presencia de diversos desastres naturales, que han afectado al lago mismo, obras y actividades humanas, así como el ambiente natural de dicha área geográfica.

1.2 Justificación

El huracán Mitch tuvo serias consecuencias en la economía de Honduras, dejando a muchas personas sin empleo, vivienda y alimentos. Las inundaciones y los deslizamientos de tierra, producto del pobre manejo ambiental y el mal uso de la tierra, fueron las causas fundamentales de la devastación. Pero no solamente la economía se vio afectada, sino también el sistema ambiental y social. Claramente quedó evidenciada la relación del manejo de las cuencas con la degradación sufrida debido a las actividades antropogénicas, aumentando así la vulnerabilidad de la zona a fenómenos hidrometeorológicos futuros.

Según Zapata *et al.* (1993), el Lago de Yojoa fue declarado en 1982 como zona turística nacional mediante Acuerdo 312 del Congreso Nacional, es una de las cuencas más importantes de Honduras por la producción de energía eléctrica y además por favorecer la creación de fuentes de trabajo a la población que lo rodea. La cuenca de este lago se ha visto afectada no solamente por los efectos del huracán Mitch u otro desastre natural, sino también ha sido objeto de deterioro por parte de la minería, pobladores habitando a las orillas del lago y, en gran parte, a la capacidad de carga turística.

La degradación de la tierra alcanza hoy proporciones críticas en la cuenca del Lago de Yojoa. La cantidad y calidad del agua se ve seriamente afectada por el uso indiscriminado de plaguicidas, la deforestación, la agricultura en fuertes pendientes sin obras de conservación de suelos y la ganadería extensiva. Las altas tasas de erosión van acompañadas por la pérdida de la fertilidad del suelo y por la presión demográfica sobre los recursos de los ecosistemas frágiles. Todo esto acarrea el incremento de costos, tanto en el mantenimiento de obras de producción hidroeléctrica, como a nivel de producción en las parcelas (Zapata *et al.*, 1993).

Como consecuencia de estas acciones se ha incrementado la contaminación de sus aguas, pérdida de la biodiversidad y sobreuso del suelo. Por lo tanto, es necesario desarrollar una metodología para determinar la degradación de la cuenca y su vulnerabilidad a desastres naturales y con base en esta evaluación, elaborar una propuesta para la rehabilitación de áreas críticas. Paralelamente se está desarrollando un movimiento internacional para la certificación de manejo adecuado y pago de ese servicio en cuencas hidrográficas, lo que refuerza la necesidad de metodologías para determinar la degradación y vulnerabilidad de las cuencas. Este proceso de certificación se refiere al pago del servicio a las comunidades que se dedican a proteger las cuencas en donde se ubican, idea originada inicialmente en Costa Rica, pero que puede aplicarse a otros países de la región.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Elaborar las metodologías para la estimación de la degradación y la vulnerabilidad a desastres naturales en cuencas hidrográficas y proponer acciones y estrategias para la rehabilitación de la cuenca en la cual se apliquen estas metodologías.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar una metodología para estimar el grado de degradación de cuencas hidrográficas.
- Diseñar una metodología para estimar la vulnerabilidad a desastres naturales (hidrometeorológicos) en el contexto geográfico de una cuenca hidrográfica.
- Aplicar la metodología desarrollada a la microcuenca Los Naranjos, parte de la cuenca del Lago de Yojoa, Honduras.
- Proponer estrategias y acciones dirigidas a la rehabilitación y manejo de la microcuenca.

1.4 Hipótesis

- La vulnerabilidad a desastres naturales está relacionada directamente con el manejo de los recursos naturales y otros recursos desarrollados por el hombre.
- Las metodologías propuestas son validables y sensibles a los parámetros ambientales.

1.5 Literatura citada

Adriaanse, A. 1993. Environmental policy performance indicators. A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands. Sdu Uitgeverij Koninginnegracht.

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

Muñoz, N. 2001. Desastres naturales una maldición en América Central. Inter Press Service. San José (en línea). Consultado el 15 de Octubre del 2001. Disponible en http://latnm.com/2001/March/News-Central_America202.html

Paulson, S., 1995. Bosques, árboles y comunidades rurales: Desigualdad social y degradación ambiental en América Latina. Consultora FAO-F TPP. Cochabamba, Bolivia (en línea). Consultado el 30 de Septiembre del 2001. Disponible en http://www.fao.org/DOCREP/x0221s/x0221s03.htm#P57_9983

Zapata, J. B.; Ferrán, F.; Faustino, J. 1993. Propuesta para el manejo sostenible de la cuenca del lago de Yojoa. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales: área de manejo de cuencas. CATIE, Turrialba. 58 p.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Manejo de cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas en América Central han sido el escenario de desarrollo de las civilizaciones a lo largo de la historia, así mismo han sido devastadas por los desastres naturales periódicamente. Tradicionalmente estas áreas geográficas han sido intervenidas por el hombre, por la vía de la deforestación, depredación y el desarrollo de las actividades agrícolas productivas con poca visión de la sostenibilidad. El objetivo principal del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, en especial el agua, bosque, y suelo, considerando al hombre y la comunidad como el agente protector o destructor (Ramakrishna, 1997).

Para facilitar el estudio y manejo de una cuenca hidrográfica, se necesitan definir las sub-categorías en las que se divide una cuenca. Así, puntualizamos las siguientes, comenzando con la definición de cuenca:

2.1.2 Cuenca

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o “divisorias de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes mas altas del área que encierra un río (Ramakrishna, 1997).

Una cuenca hidrográfica es una área en la que el agua superficial, como resultado de la precipitación, se une para formar un curso principal. Esta definición abre la posibilidad real, aunque de menor importancia, de que el agua precipitada, que logra infiltrar estratos subterráneos, finalmente fluya a una cuenca vecina (Richters, 1995).

Según Henao (1988), la cuenca como unidad, tiene características geográficas, físicas y biofísicas similares que la hacen funcionar como un ecosistema. Por esto las cuencas hidrográficas son la mejor unidad geográfica para la planeación del desarrollo regional.

2.1.3 Subcuenca

Toda área que desarrolla su drenaje directamente a un curso principal de una cuenca.

2.1.4 Microcuenca

Toda área que desarrolla su drenaje directamente a un curso principal de una subcuenca.

2.2 Importancia del manejo del uso de la tierra

La función de la planificación del uso de la tierra es orientar las decisiones que sobre el particular se deben tomar, a fin de permitir la conservación y el uso más adecuado de los recursos ambientales en beneficio del futuro del hombre (FAO, 1976). El problema del uso de la tierra se puede seccionar de tres maneras:

- a) Dividir el área problemática en áreas más pequeñas y representativas, por ejemplo, manteniendo un enfoque integral, se selecciona una microcuenca de una cuenca hidrográfica o un cantón de una provincia.
- b) Dedicar la atención a ciertos usos de la tierra en particular o a determinadas combinaciones o sistemas de usos (para mejorar sus rendimientos, por ejemplo).
- c) Dedicar la atención solamente a ciertas técnicas agrícolas (para la conservación de suelos, por ejemplo), es decir, a aquellos aspectos que contribuyan más notablemente al problema señalado.

La primera solución puede ser conveniente cuando el problema es básicamente de naturaleza institucional; la segunda, cuando la tarea es mejorar los ingresos de un cierto tipo de productor, y la tercera cuando la tarea es disminuir la degradación del recurso suelo en una zona o en un sistema de uso (Richters, 1995).

Cuando el objetivo es disminuir la degradación ambiental, se selecciona el área donde los procesos de deterioro son mayores y no el área ya más deteriorada. Se enfatiza que esta selección solamente se puede hacer después de definir con alguna precisión el proceso de

degradación ambiental en este caso específico y la acción tomada para su disminución (Richters, 1995).

Para efectos de este estudio, se escogió como unidad de área la microcuenca, que corresponde a una red de drenaje del tipo endorreico, por ser la cuenca principal un lago. Según Espinoza *et al.* (1998), Si uno quiere conocer una subcuenca, se debe conocer sus microcuencas. Se define la microcuenca como un espacio biofísico y social en el sentido de un espacio de vida de las familias campesinas.

2.3 Etapas del uso de la tierra en Honduras

Según Morris (2000), probablemente la secuencia en el uso de la tierra ha pasado por diferentes etapas, entre las cuales resultan evidentes las siguientes:

- Aprovechamiento del bosque primario o secundario y tala para la limpieza de terrenos para su posterior uso agrícola.
- Uso de los terrenos para agricultura (principalmente de granos básicos), estableciéndose el sistema de agricultura migratoria, con lo que se propicia un grave proceso de erosión del suelo y degradación de la biodiversidad. Con dicha práctica, la tierra muestra efectos en el empobrecimiento de la productividad del área, la que depende de la topografía y relieve.
- Bajo las condiciones enunciadas, las áreas de mayor pendiente y suelos más "frágiles" (menor profundidad, mayor potencial de erosión, etc.), rápidamente pasan de una utilización para cultivos anuales, a un sistema de producción de pastos naturales (mezclados con "guamiles") para el "sostenimiento" de una ganadería de carácter extensivo.
- Las áreas de menor pendiente o con suelos más resistentes continúan utilizándose para la agricultura migratoria de granos básicos y por su exposición permanente a los efectos erosivos, una proporción de las mismas terminan en terrenos con una alta exposición del lecho rocoso, donde la agricultura migratoria adquiere las propiedades de un sistema "extensivo" de rotación entre un monocultivo (principalmente frijol sembrado en los espacios entre afloramientos) y tierras en

descanso (normalmente uno o dos ciclos de cultivo y cuatro a cinco ciclos de descanso).

- En ambos casos (uso en cultivos y ganadería extensiva) en sus últimas etapas, y dependiendo de los atributos del recurso tierra, terminan en áreas de "guamil alto", utilizado principalmente para el aprovechamiento de leña, o en áreas donde se establecen plantas naturales de bajo porte y valor económico, disminuyendo el potencial de los recursos productivos de los sistemas de explotación agrícola de laderas.

2.4 Manejo de desastres naturales

En países en vías de desarrollo poco se toman en cuenta los esquemas de ordenamiento tanto nacionales como municipales y no existe una cultura en lo que a desastres se refiere, razón por la cual ocurren calamidades como la acontecida en octubre de 1998, con saldos trágicos.

Los eventos climáticos que ocurren cada cierto período de tiempo y, que aún cuando se conocen o pueden ser anunciados, causan verdaderos estragos en la población, con pérdidas de vidas y daños materiales prácticamente incalculables. La ocupación de áreas que causan alta inestabilidad geológica, sobre todo en sitios cercanos a las ciudades más importantes, conforman situaciones de alto riesgo ante la amenaza de deslizamientos en masa por sobresaturación, o movimientos del suelo (Steegmayer, 2000).

Tales situaciones conforman un cuadro de riesgo que pudiera pasar de "amenaza latente" a "riesgo inminente" ante los cambios extremos que viene mostrando la variable climática en los últimos años. Por estas razones y para reducir a un mínimo la pérdida de vidas e infraestructuras, el gobierno en cada país, a través de sus ministerios, debe emprender una serie de acciones que permitan un manejo adecuado de los desastres naturales y sobre todo hacer cumplir estas acciones tanto a nivel nacionales como municipal.

2.4.1 Los desastres naturales

Más del 90% de todos los desastres naturales que ocurren cada año suceden en los países en vías de desarrollo; poco más de dos tercios de los mismos se asocian con fenómenos hidrometeorológicos (huracanes, inundaciones, etc.). Desde la perspectiva de los organismos internacionales y nacionales humanitarios, un desastre es un evento de magnitud acompañado por los altos niveles de destrucción y/o sufrimiento humano, que requieren de asistencia externa para ser paliados (Lavell, 1996).

Según Lavell (1996), los desastres son más bien de carácter y definición eminentemente social. Un terremoto o un huracán, por ejemplo, obviamente son condiciones necesarias para que exista, pero no son en sí un desastre. La naturaleza social de los desastres no encuentra, sin embargo, la atención correspondiente desde el punto de vista del aporte que las ciencias sociales hacen a su estudio en América Latina o en la contribución al debate sobre la prevención, mitigación y atención de desastres. La concepción de los desastres como algo irregular o poco común, es algo que rompe con la vida cotidiana, ordenada y predecible de pobladores, comunidades o regiones.

Los grandes eventos son, sin embargo, solamente una manifestación extrema de un problema genérico de mayores proporciones. Por cada gran desastre que ocurre, suceden cientos de eventos pequeños y medianos que reúnen cualitativamente los mismos condicionantes o factores causales: un evento físico perturbador (natural o antrópico) impactando una sociedad vulnerable.

Esto significa que para que cualquier evento tenga repercusión en una área es necesario que la estructura social del sitio sea vulnerable a sus impactos. La ubicación y formas de construcción de viviendas, unidades de producción e infraestructura, la relación que se establece entre el hombre y su entorno físico-natural, los niveles de pobreza, los niveles de organización social, política e institucional existentes, actitudes culturales o ideológicas entre otras, influirán en ultimar y definir el desastre y su impacto.

Para Sarmiento (1996), un desastre puede definirse como un evento o suceso que ocurre en la mayoría de los casos en forma repentina e inesperada causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente.

Un peligro natural es un acontecimiento extremo en la naturaleza, potencialmente dañino para los seres humanos y que se produce con una frecuencia suficientemente reducida para no ser considerado como parte de la condición o estado normal del medio, pero sin dejar de ser motivo de preocupación en una escala de tiempo humana (Burton, 1999).

Los desastres pueden ser originados por la manifestación de un fenómeno natural, provocados por el hombre, como consecuencia de una falla de carácter técnico en sistemas industriales o bélicos o por una interacción de factores. Algunos desastres de origen natural corresponden a amenazas, donde su mecanismo de origen difícilmente podría ser intervenido. Terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis maremotos, y huracanes son ejemplos de amenazas que aún no pueden ser intervenidas en la práctica, mientras que inundaciones, sequías, y deslizamientos, pueden llegar a controlarse o atenuarse con obras civiles de canalización y estabilización de suelos.

2.4.2 Desastres naturales en América Latina

En los últimos dieciocho años (1976-1994), las pérdidas causadas por desastres naturales en los países de América Latina y el Caribe fueron del orden de US\$43 mil millones de dólares, monto similar al valor de toda la cooperación técnica y financiera recibida en estos países en el mismo período. Existe una estrecha interrelación entre la reducción de la vulnerabilidad relativa a inundaciones, deslizamientos y otros eventos naturales, y la aplicación de los principios del manejo ambiental y de cuencas hidrográficas en el contexto del desarrollo sustentable (OEA 1995).

Según Winograd (1995), aún cuando no existen evidencias acerca de cambios climáticos a nivel regional (mayor número de huracanes o cantidad de lluvia caída), durante los últimos años han ocurrido eventos climáticos naturales cuyos efectos en términos de la devastación

causada en el ámbito económico, social y ambiental, no siempre guardan proporción con la magnitud objetiva de estos. (Ver Cuadro 1) Así por ejemplo, el torrente de aguas que invade cauces secos o el torrente de barro que ocasiona derrumbes no producirían víctimas y daños económicos si la población se hubiera sentado en esos lugares y los usos de la tierra no hubieran resultado en la deforestación de las tierras de ladera.

Cuadro 1. Principales desastres climáticos para países seleccionados de Latinoamérica y el Caribe

País	Año	Tipo de evento	Número de muertos	Población afectada (10 ³)	Pérdidas económicas (10 ⁶ dólares)
Argentina	1983	Inundación	0	5.580	1.000
	1984	Inundación	30	12	x
	1985	Inundación	14	50	500
	1987	Inundación	11	x	x
	1988	Inundación	25	4.500	x
Bolivia	1983	Inundación	250	50	48,4
	1983	Sequía	0	1.583	417,2
	1984	Sequía	0	1.500	500
Brasil	1987	Inundación	20	20	x
	1983	Inundación	143	3.330	12
	1983	Sequía	0	20	x
	1984	Inundación	27	250	1.000
	1985	Inundación	100	600	200
	1987	Inundación	107	x	x
	1988	Inundación	289	58,6	1.000
Islas del Caribe (Británicas)	1989	Inundación y derrumbes	96	x	x
	1980 (*)	Huracán Allen	18	15	105,8
	1983 (**)	Sequía	0	75	x
	1987 (***)	Huracán Emilia	x	x	53,3
	1988 (****)	Huracán Gilberto	45	x	1.000
Chile	1989 (*****)	Huracán Hugo	21	50	180
	1985	Tsunami	x	x	x
	1987	Tsunami	x	x	x
Colombia	1987	Inundación	109	200	x
	1987	Inundación y derrumbes	500	x	x
Costa Rica	1988	Huracán Joan	26	100	50
	1988	Huracán Joan	28	120	x
Ecuador	1983	Inundación	307	700	232,1
	1989	Inundación	35	30	15
El Salvador	1988	Inundación	33	39	x
Guatemala	1987	Inundación	84	x	x
	1986	Inundación	69	45	x
Jamaica	1988	Huracán Gilberto	54	870	91,3
	1980	Huracán Allen	8	4	6,4
	1985	Huracán Kate	7	x	5,2
	1986	Inundación	54	40	76
México	1987	Inundación	4	x	31
	1988	Huracán Gilberto	49	810	1.000
	1985	Tsunami	x	x	x
	1988	Inundación	48	25	x
	1988	Huracán Gilberto	27	35	3,5
Nicaragua	1988	Huracán Joan	120	300	400
Panamá	1988	Huracán Joan	7	7	60
Paraguay	1983	Inundación	0	100	82
Perú	1982	Inundación	2.500	x	x
	1983	Inundación	364	700	988,8
	1983	Sequía	0	620	151,8
	1987	Inundación y derrumbes	155	x	x
	1988	Inundación y derrumbes	38	x	x
Venezuela	1985	Inundación	38	15	x
	1987	Inundación y derrumbes	223	15	x

Fuente: Kreimer y Munasinghe, 1991; OEA 1991; PNUMA 1991

Nota: x = no disponible; (*) Barbados, Santa Lucía, y San Vicente, (**) Antigua y Barbuda, (***) Bermuda, Barbados, Santa Lucía, y San Vicente, (****) Santa Lucía, (*****) Dominica, Montserrat, Antigua, St. Kitts y Nevis, y las Islas Vírgenes (UK)

La falta de planificación urbana, de las obras de infraestructura y de uso de las tierras ha conducido a la ocupación de espacios en donde los efectos del clima se convierten en desastres naturales.

2.5 Las amenazas

Una amenaza es definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado (Sarmiento 1996). Una lista amplia de los fenómenos naturales que pueden originar desastres naturales es la siguiente:

2.5.1 Huracanes

En el pasado, la región centroamericana ha estado sujeta a los efectos de los huracanes. En particular, la temporada de huracanes de 1998 en el hemisferio norte sobre el Océano Atlántico (que ocurre anualmente entre los meses de julio y noviembre) tuvo características de inusitada fuerza, causando daños económicos, sociales y ambientales de enorme magnitud, pérdidas de vidas, y desolación. La concentración de eventos de gran violencia meteorológica en los meses de agosto a octubre fue destacada como histórica.

2.5.2 Terremotos

Centroamérica tiene una serie de fracturas geotectónicas a nivel global y fallas locales en todos los países que lo conforman. Por el norte, en el Atlántico, se encuentran interactuando la Placa de Norteamérica y la Placa del Caribe, divididas por la Fosa del Gran Caimán. En la parte sur, en el Pacífico, se distingue la Placa de Cocos a lo largo de todos los países centroamericanos (zona de subducción) formando la Fosa Mesoamericana. Esta estructura geológica es la que explica la propensión de la región a los terremotos.

2.5.3 Inundaciones

Los países más proclives a inundaciones en orden de prioridad son Honduras, Costa Rica y Panamá. La totalidad de los países tienen problemas relacionados con el uso del suelo, donde la deforestación aparece como el elemento principal, sumado a la pérdida de suelos por erosión y contaminación de los cuerpos de agua.

2.5.4 Deslizamientos

La mayoría de los deslizamientos en la región por lo general suceden en laderas y lugares puntuales y son de pequeña magnitud pero con resultados algunas veces de gran impacto cuando suceden en áreas de infraestructura vital o de bienes y vidas humanas.

2.5.5 Tsunamis (maremotos)

Se pueden generar por emanaciones volcánicas submarinas, o grandes deslizamientos en el fondo del mar, aunque también la mayoría de estos fenómenos se originan por eventos sísmicos de gran magnitud con epicentro en el fondo del mar.

2.5.6 Erupciones volcánicas

La actividad volcánica al igual que la sísmica, es la manifestación de la liberación de energía acumulada en el interior del planeta.

2.5.7 Sequías

Las sequías pueden ser de carácter natural o antrópico. Se puede presentar de tres formas:

- Sequía meteorológica. Se produce en un periodo de sequedad anormal, lo suficientemente prolongado como para que la falta de agua ocasione serios desbalances o déficit hídrico.
- Sequía hidrológica. Corresponde a un déficit hídrico en un periodo muy extenso, en una área geográfica bien definida.
- Sequía agrícola. Se refiere a un déficit hídrico que coincide con el periodo de necesidad de agua para los cultivos.

2.6 Vulnerabilidad Global

La región centroamericana, en su conjunto, concentra entre los más altos niveles de pobreza relativa en el continente americano, situación agudizada a lo largo de los años 80 por la crisis económica y los conflictos internos. Hacia finales de la década de los 80, Guatemala, Honduras, El Salvador, y Nicaragua contaban con niveles de pobreza absolutos que en todos los casos abarcan a un 70% o más de sus habitantes. Estos niveles de pobreza, en

condiciones de dependencia y falta de autonomía se reflejan en diversos tipos de vulnerabilidad a los desastres.

La falta de una conciencia o cálculo adecuado en cuanto a los niveles de amenaza y riesgo existente, la falta de adecuadas normas o controles sobre la construcción, de regulaciones sobre el uso del suelo, o la falta de aplicación de estos, sitúa en una condición de alta vulnerabilidad a amplios sectores de la sociedad más acomodada. También se define vulnerabilidad como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total) (Sarmiento, 1996).

En términos generales, la vulnerabilidad puede entenderse, entonces, como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño 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.

2.6.1 La vulnerabilidad física

Se refiere a la localización de grandes contingentes de la población en zonas de riesgo físico: condición suscitada en parte por la pobreza y la falta de opciones para una ubicación menos riesgosa. Y por otro lado, debido a la alta productividad (particularmente agrícola) de un gran número de estas zonas (faldas de volcanes, zona de inundación de ríos, etc.), lo cual tradicionalmente ha incitado una población de las mismas (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.2 La vulnerabilidad social

Se refiere al bajo grado de organización y cohesión interna de comunidades bajo riesgo que impide su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.3 La vulnerabilidad ecológica

Esta relacionada con la forma en que los modelos de desarrollo no se fundamentan en “la convivencia, sino en la dominación por destrucción de las reservas del ambiente (que

necesariamente conduce) a unos ecosistemas por una parte altamente vulnerables, incapaces de auto ajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana, y por otra, altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan” (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.4 La vulnerabilidad económica

Quizás este tipo de vulnerabilidad es el de mayor significancia de la vulnerabilidad global. Los sectores más oprimidos de la sociedad son los más vulnerables a una serie de catástrofes y riesgos naturales. En los países con mayor ingreso real per capita, el número de víctimas que dejan los desastres es mucho menor que en los países con un bajo ingreso por habitante. En la esfera nacional, la vulnerabilidad económica se expresa en una excesiva dependencia de nuestra economía de factores externos prácticamente incontrolables por nosotros, como son los precios de compra de las materias primas, y los precios de venta de combustibles, insumos, y productos manufacturados, las restricciones del comercio internacional de nuestros productos y la imposición de políticas monetarias (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.5 La vulnerabilidad política

Esta vulnerabilidad constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que la afectan. Es decir, cuanto mayor sea la autonomía, menor será la vulnerabilidad política de la comunidad. En un país donde la solución de la mayoría de los problemas locales todavía sigue dependiendo del nivel central, la vulnerabilidad política posee dos caras: la primera, la incapacidad de una comunidad para volverse problema, o sea para que los problemas que la afectan trasciendan los linderos locales y se conviertan en situación que exigen la atención de los niveles decisorios. La segunda, la incapacidad de esa misma comunidad para formular por sí misma la solución del problema planteado (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.6 La vulnerabilidad técnica

La ausencia de diseños y estructuras sismo-resistentes en zonas propensas a terremotos es una forma de vulnerabilidad física, técnica, y económica. Pero una vez demostrado que en

los estratos económicos bajos existen formulas que permiten obtener una vivienda sismo-resistente casi por el mismo precio que se paga por una edificación sin esas características, el problema se reduce al dominio de las técnicas constructivas, con materiales tradicionales como el bloque o el ladrillo, etc. En el caso de sequías, por ejemplo, la vulnerabilidad técnica está presente cuando hay una falta de obras captadoras de agua, y la utilización con máxima eficiencia de estas tecnologías para aplicarlas en el lugar donde se requiere (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.7 La vulnerabilidad ideológica

La respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre natural, o ante el desastre del mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo, y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo. Sin la ideología dominante, se imponen concepciones fatalistas, según las cuales los desastres naturales corresponden a manifestaciones de la voluntad de Dios, las únicas respuestas posibles serán el dolor, la espera pasiva y la resignación (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.8 La vulnerabilidad cultural

La cultura es todo cuanto la humanidad aporta y ha aportado a la configuración del mundo. Se tomaran dos aspectos concretos: el primero, las características particulares de la personalidad de los habitantes de una comunidad, a partir de las cuales se ha edificado el modelo de la sociedad en que vivimos, el cual a su vez, contribuye a alimentar y fortalecer esa personalidad. El segundo, a la influencia de los medios masivos de comunicación en la manera como los habitantes se relacionan entre ellos mismos y con el medio natural y social en que se hallan inmersos, y el papel de los mismos en la configuración de nuestra identidad cultural tal y como es (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.9 La vulnerabilidad educativa

Es importante ilustrar el concepto de vulnerabilidad educativa enfatizando la importancia que tienen los cursos y materias impartidas en el aula de estudio y como contribuyen estos a la reducción de las vulnerabilidades de sus alumnos frente a los riesgos humanos y naturales que los amenazan. También se podría averiguar de que medios se valen para

incorporar el conocimiento acumulado por la comunidad durante generaciones, a los contenidos de la educación, especialmente cuanto a desastres pasados se refiere (Wilches-Chaux, 1988).

2.6.10 La vulnerabilidad institucional

Una de las más importantes causas de debilidad de la sociedad para enfrentar las crisis (incluidos los desastres naturales), radica en la obsolescencia y rigidez de las instituciones, especialmente las jurídicas. Los mecanismos de contratación, el manejo del presupuesto, la administración de los funcionarios públicos, y en general todos sus procedimientos, parecen encaminados a impedir la respuesta estatal ágil y oportuna ante los cambios acelerados del entorno económicos, político, social, y ecológico. Un aspecto muy particular de mitigación de la vulnerabilidad institucional lo constituye la preparación de la comunidad a través de los organismos públicos y de socorro, para enfrentar una situación de desastre (Wilches-Chaux, 1988).

2.7 Riesgo Total

Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un evento desastroso, es decir el producto del Riesgo Específico y los elementos bajo riesgo.

2.7.1 Riesgo específico

El grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad (Sarmiento, 1996).

2.7.2 Riesgo ambiental

Este tipo de riesgo busca estudiar el impacto de los desastres naturales sobre el medio ambiente e identificar los principales riesgos ambientales así como las consecuencias que desastres como sismos, inundaciones y huracanes, pueden tener sobre el medio ambiente en el corto mediano y largo plazo. Esto incluye además los principales riesgos industriales y las consecuencias sociales y económicas de los accidentes industriales, riesgos por

derrames de petróleo, manejo de desechos tóxicos, basuras y contaminación de aguas entre otros (Sarmiento, 1996).

2.7.3 Riesgo industrial

Estudia las características y consecuencias, que sobre el medio ambiente pueden causar los accidentes industriales. Evalúa las pérdidas sociales y económicas que se pueden ocurrir por el manejo inapropiado de los riesgos industriales (Sarmiento, 1996).

2.7.4 Riesgo antrópico

Este tipo de riesgo se refiere a las características de los desastres ocasionados por elementos producidos por el hombre. Esto incluye la evaluación de riesgos originados, por ejemplo, en el manejo de desechos, basuras y aguas negras (Sarmiento, 1996).

2.7.5 Elementos bajo riesgo

Como la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada (Sarmiento, 1996).

2.8 Degradación

Según Ramakrishna (1997), la degradación se refiere a los cambios dentro de los procesos biológicos, físicos y químicos que afectan negativamente el área o sitio, y reduce su capacidad productiva o potencial (por ejemplo, erosión del suelo, pérdida de recursos genéticos valiosos o potencialmente valiosos).

Las cuencas están sometidas a procesos progresivos de degradación de sus recursos naturales, lo que ha provocado el incremento de la fragilidad de los ecosistemas que la conforman, y esto se refleja no solo en la parte ambiental, sino también en lo social y económico. Como consecuencia de la degradación sufrida, se ha incrementado la contaminación de sus aguas, pérdida de la biodiversidad, y sobreuso del suelo. Al mismo tiempo es cada vez más claro que los problemas ambientales y de desarrollo tienen características cambiantes en el tiempo y en el espacio (Holmberg, 1995).

En las cuencas tropicales húmedas, la intensa erosión conduce a la degradación del suelo, el bosque y los recursos hídricos. Al desaparecer la vegetación original, los suelos quedan expuestos a las lluvias, que son intensas y torrenciales, la escorrentía es incontrolable y deteriora el espacio superior e inferior de la cuenca. La erosión acelerada disminuye la fertilidad del suelo y aumenta los daños por inundaciones, los sedimentos por su parte, perjudican las instalaciones de energía hidroeléctrica, los cauces navegables, los sistemas de riego, los embalses y la infraestructura en general. En otras cuencas se tala y quema el bosque, se explota la madera y no se reforesta.

En este sentido, es necesario valorar la vocación de la cuenca y ponderar los niveles y procesos de degradación, para determinar el tipo de intervención. El estudio debe articularse con las características sociales, culturales y económicas, para identificar las estrategias que podrían utilizarse en el manejo o rehabilitación de la cuenca (Ramakrishna, 1997).

Por otro lado, Carls *et al.* (1997) argumenta que el acelerado crecimiento de la población, su densidad y su concentración en tierras frágiles conducen a una reducción de la relación tierra / hombre, producto de la cual aumenta la presión sobre el recurso suelo y disminuye la relación barbecho / cultivo, especialmente dentro de la agricultura migratoria. Además, y como consecuencia de lo anterior, se reduce el periodo que normalmente se asignaba para que las tierras quedaran en descanso.

Como consecuencia, en las áreas donde los pobres dependen para su subsistencia de la explotación de tierras marginales, se refuerza el círculo vicioso que la pobreza lleva a la degradación ambiental.

2.8.1 Indicadores usados para la estimación de la degradación

En general, los indicadores son elaborados para simplificar el análisis, cuantificar y analizar, y comunicar la información, ayudan a reducir el nivel de incertidumbre, permitiendo a la sociedad definir mejor las prioridades y urgencias (Winograd, 1995). Los

indicadores pueden definirse como herramientas para agregar y simplificar la información de una manera útil y ventajosa (Adriaanse, 1993).

Normalmente no es suficiente un solo indicador para todo el sistema, sino que se requiere un conjunto de indicadores que describen los cambios en las diferentes características de un sistema importantes para su sostenibilidad. Tampoco existen indicadores universales para todos los sistemas, sino que los indicadores se definen de acuerdo con las propiedades específicas del sistema bajo análisis (Müller *et al.*, 1998)

Según estudios realizados por BID y PNUD (1990) sobre el ambiente en Latino América, se identifican diez asuntos principales:

1. Erosión y pérdida de la fertilidad del suelo
2. Desertificación
3. Deforestación y uso de la tierra
4. Explotación y uso del bosque
5. Degradación de cuencas
6. Deterioro de los recursos marinos y costeros
7. Contaminación del agua y aire
8. Pérdida de ecosistemas y recursos genéticos
9. Calidad de vida en asentamientos humanos
10. Migración rural y tenencia de la tierra

2.8.2 Metodologías estudiadas para esta investigación

Basándose en las metodologías de planificación de sistemas de áreas protegidas de De Faria (1993) en la cual se propone un procedimiento metodológico para medir la efectividad del manejo de las áreas protegidas, aplicando satisfactoriamente dicho procedimiento. Luego, Izurieta (1997), adapta dicha metodología para un subsistema de áreas protegidas. Esta misma metodología es aplicada por Cifuentes *et al.*, (2000).

En esta metodología se utilizan indicadores y/o variables de escalas de avance de procesos, en este caso el avance del proceso de degradación en el contexto geográfico de una cuenca

hidrográfica. Estos son utilizados principalmente para definir el cambio cualitativo en procesos (Robles y Luna, 1999). Además de las metodologías citadas anteriormente, también se estudia la metodología de Espinoza y Vernooy (1998) consistente en la caracterización de 15 microcuencas del río Calico en Matagalpa, y Müller *et al.* (1998), para decidir que indicadores a aplicar en este estudio.

2.9 Literatura citada

Adriaanse, A. 1993. Environmental policy performance indicators. A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands. Sdu Uitgeverij Koninginnegracht.

Burton, I. 1999. Peligros ambientales naturales. In Ingeniería Ambiental 2da. Edición. Glynn Henry, J. y Heinke, G.W. Pearson. Prentice Hall. México. P. 85-109.

Carls, J.; Reiche, C.; Jauregui, M. 1997. International Experiences in Soil Protection. Project on Agriculture, Natural Resources and Sustainable Development. IICA / GTZ. 35 p.

Cifuentes, M.; De Faria, H.; Izurieta, A. 2000. Medición de la efectividad del manejo de áreas protegidas. Serie Técnica No. 2. WWF / GTZ / UICN. 81 p.

De Faria, H., 1993. Elaboración de un procedimiento para medir la efectividad de manejo de áreas silvestres protegidas y su aplicación en dos áreas protegidas de Costa Rica. Tesis de Maestría, M. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91 p.

Espinoza, N.; Vernooy, R. 1998. Las 15 microcuencas del río Calico, San Dionisio, Matagalpa: Mapeo y análisis participativo de los recursos naturales. Proyecto Laderas, CIAT. 99 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1976. A Framework for land evaluation. Roma, Italia. Boletín de Suelos No. 32.

Henao, J.E. 1988. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogota, Colombia. Universidad Santo Tomas. Centro de Enseñanza Descolarizada. 34 p.

Holmberg, J. 1995. Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability. Institute of Physical Resource Theory, Goteborg, Suecia.

Izurieta, A. 1997. Evaluación de la eficiencia del manejo de áreas protegidas: Validación de una metodología aplicada a un subsistema de áreas protegidas y sus zonas de influencia, en el área de conservación Osa, Costa Rica. Tesis de Maestría, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 126 p.

Kreimer, A., Munasinghe, M. 1991. Managing Natural Disasters and the Environment. Environmental Policy and Research Division, Environment Department, World Bank, Washington, D.C.

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

Morris, R. 2000. Reporte Reconocimiento General del Área Yorito-Sulaco (en línea). Departamento de Yoro, Honduras. CIAT . Consultado 25 de Agosto del 2,000. Disponible en <http://www.intertel.hn/org/ciathill/Yoro/uso.htm>

Müller, S., Núñez, J., Ramírez, L., 1998. Indicadores para el uso de la tierra: El caso de la cuenca del río Reventado, Costa Rica. Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales. IICA, BMZ / GTZ. 58 p.

OEA (Organización de los Estados Americanos). 1995. Informe Final del Seminario-Taller Interamericano. Reducción de la Vulnerabilidad a Inundaciones en Cuencas Hidrográficas. Foz do Iguacu, Brasil. 158 p.

Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Conceptos y experiencias. Proyecto IICA / GTZ. San José, Costa Rica. 319 p.

Richters, E. 1995. Manejo del Uso de la Tierra en América Central. Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 439 p.

Robles, T., Luna, R. 1999. Elaboración de indicadores para proyectos ambientales. PROARCA/CAPAS Guatemala. 45 p.

Sarmiento, J. P. 1996. Mitigación de Riesgos, Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenibles: Una Política Publica. Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Regional. Santafé de Bogotá. 63 p.

Steegmayer, P., 2000. I Seminario Taller Binacional sobre Control y Manejo de Inundaciones: Identificación y Evaluación Ambiental de Áreas Sensibles a Desastres Naturales. San Cristóbal (en línea). Consultado el 15 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.geocities.com/dc-tachira/pone2.html>

Wilches-Chaux, G. 1988. La vulnerabilidad global. In Los desastres no son Naturales. Maskrey, A. Colombia. La Red. p. 9-47.

Winograd, M. 1995. Indicadores ambientales para Latino América y el Caribe: hacia la sustentabilidad en el uso de tierras. Proyecto IICA / GTZ, Organización de los Estados Americanos, Instituto de Recursos Mundiales. San José, Costa Rica. 85 p.

III. METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA DEGRADACIÓN DE UNA CUENCA; APLICACIÓN EN LA MICROCUENCA LOS NARANJOS

3.1 Introducción

Las sociedades, y las políticas que guían los sectores económicos y las tecnologías empleadas conducen a que las actividades humanas ocasionen una presión directa sobre el ambiente (por ejemplo incremento de la población, políticas sectoriales, cambios tecnológicos). Las actividades humanas (por ejemplo agricultura, forestería, industria, transporte, etc.) y el funcionamiento de los sistemas naturales (por ejemplo ciclos de nutrientes, eventos naturales, etc.) tienen entradas y salidas que ejercen una presión directa e inmediata sobre el ambiente (por ejemplo emisiones, uso de recursos naturales, erupciones, inundaciones, etc.). Además, las actividades humanas y los procesos naturales pueden interactuar para ocasionar presiones indirectas adicionales sobre el ambiente (USAID, 1999). Por otro lado, las condiciones de pobreza, causadas por los modelos de desarrollo aplicados en los países de la región, obligan a amplios sectores de la población a asentarse en condiciones precarias en lugares de alto riesgo, que contribuyen a acelerar la degradación de un área.

Las cuencas están sometidas a procesos progresivos de degradación de sus recursos naturales, lo que ha provocado el incremento de la fragilidad de los ecosistemas que la conforman, y esto se refleja, no solo en la parte ambiental, sino también en lo social y económico. Como consecuencia de la degradación sufrida, se ha incrementado la contaminación de sus aguas, pérdida de la biodiversidad, y sobreuso del suelo. Al mismo tiempo es cada vez más claro que los problemas ambientales y de desarrollo tienen características cambiantes en el tiempo y en el espacio (Holmberg, 1995). De su carácter local hace unas décadas, muchos de ellos se han convertido en problemas de carácter regional y global (por ejemplo el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono y la modificación de los ciclos biogeoquímicos en el caso del ambiente; el comercio, las comunicaciones y las migraciones en el caso del desarrollo). Lo anterior también puede

ocasionar la presencia de diversos desastres naturales, que afectan a la cuenca misma, a las obras y actividades humanas, y al ambiente natural de dicha área geográfica.

La contaminación del agua y del suelo es atribuida en gran parte al inadecuado manejo de los residuos sólidos y líquidos. La generación de los primeros está relacionada con el número de habitantes, sus hábitos de consumo y el desarrollo tecnológico. Influyen también la extensión del territorio, la heterogeneidad en los patrones de consumo, el crecimiento industrial acelerado, el incremento de la producción de basura, la emigración de la población rural a los centros urbanos, y la falta de planificación (Nava, 1999). La distribución de la población y la relación que guarda con el ambiente, tiene su origen en formas históricas de poblaciones. Estas han ido marcando las tendencias de asentamientos de la población, modo de uso y aprovechamiento de los recursos, formas de reproducción biológica y social y características de la movilidad de sus habitantes, las que, a su vez, han definido patrones regionales con desigualdades socioeconómicas.

Diversos factores causan el deterioro de los recursos naturales y ambientales. Destaca el crecimiento de la población en condiciones de pobreza, pues esto trae como consecuencia una densificación de las áreas rurales que promueve procesos de intensificación y extensión de la agricultura. La presión que ejercen las familias sobre sus predios, debido a sus necesidades de subsistencia, sobrepasa la capacidad de recuperación del recurso, traduciéndose en sobreexplotación del mismo. El campesino también puede provocar desequilibrios en la naturaleza, que genera un proceso de degradación. El aumento de la densidad en las zonas rurales, producto del crecimiento de la población y la falta de tierras disponibles, también obliga a los campesinos a emigrar hacia nuevas áreas para abrirlas al cultivo, ocasionando la pérdida de la cobertura vegetal y deforestación en las zonas de bosques (Nava, 1999).

Tomando en cuenta la poca disponibilidad de metodologías de determinación de degradación, se propone formular un enfoque metodológico específico para determinar la degradación de las cuencas. En esta metodología se utilizan indicadores y/o variables de escalas de avance de procesos. En este caso se analizó el avance del proceso de degradación

en el contexto geográfico de una cuenca hidrográfica. Estos métodos son utilizados principalmente para definir el cambio cualitativo en procesos (Robles y Luna, 1999). La metodología empleada, es una adaptación de la metodología empleada por Cifuentes *et al.* (2000) para estimar la efectividad en áreas protegidas. Además de esta metodología, también se empleó la metodología de Espinoza y Vernooy (1998), y de Müller *et al.* (1998), para decidir los indicadores a aplicar en este estudio.

Asimismo, se aplica dicha metodología en la microcuenca Los Naranjos, ubicada en la cuenca del Lago de Yojoa. Esta cuenca es una de las más importantes de este país, debido a la diversidad y potencialidad de sus recursos naturales (suelo, agua, bosque y biodiversidad), producción de electricidad, y alto potencial ecoturístico (Zapata *et al.*, 1993). Sin embargo, la degradación en la cuenca alcanza hoy proporciones críticas. Esta metodología se construye bajo los enfoques biofísicos, sociales, y económicos.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Planteamiento de la metodología

En la realización de este estudio se desarrollaron las siguientes etapas metodológicas:

3.2.1.1 Recopilación de información, evaluación, y selección de la misma

La línea base para iniciar el planteamiento metodológico es llevar a cabo una revisión bibliográfica sobre los componentes concernientes a elaboración de metodologías. En este caso, se usaron las siguientes bibliografías:

- Metodología para medir la efectividad de manejo en áreas protegidas (Cifuentes *et al.*, 2000)
- Las 15 microcuencas del río Calico (Espinoza y Vernooy, 1998), así como también sobre temas referentes a degradación.
- Elaboración de indicadores para proyectos ambientales (Robles y Luna, 1999).
- Indicadores para el uso de la tierra: El caso de la cuenca del río Reventado, Costa Rica (Müller *et al.*, 1998)
- Indicadores ambientales para Latino América y el Caribe (Winograd, 1995)
- Manejo del uso de la tierra en América Central (Richters, 1995)

3.2.1.2 Selección de indicadores y/o variables para determinar la degradación de una cuenca

Según Müller *et al.* (1998), en general se puede decir que los indicadores para poder cumplir su función, tienen que mostrar las siguientes cualidades:

- Deben ser sensibles a los cambios del sistema; es decir, si el sistema pasa por un proceso de degradación, los indicadores deben reflejar este cambio rápidamente.
- Deben dar una explicación significativa con respecto a la degradación de la cuenca bajo análisis.
- Deben ser relativamente fáciles de medir.
- Su definición debe ser eficientes desde un punto de vista de costos.
- Debe ser posible repetir las mediciones a lo largo del tiempo.

En el caso del ambiente, no es suficiente establecer un listado de variables, sino que se requiere establecer el tipo de relación y dependencia entre variables (asociación, influencia o casualidad), así como el valor de las mismas (significado o ponderación). Los indicadores son señales, signos, manifestaciones, muestras o marcas de algún suceso, acontecimiento o proceso; que ponen en evidencia la magnitud o intensidad de un problema o el grado de impacto alcanzado (Robles y Luna, 1999).

Demostrado el concepto de indicador, se definen los indicadores y/o variables utilizados en la metodología propuesta. Estos indicadores se han agrupado en tres componentes: biofísico, social y económico. Para facilitar la aplicación de la metodología, los componentes se dividen en factores, y estos a su vez en variables. Los diferentes indicadores utilizados en esta metodología son el producto obtenido de una revisión bibliográfica exhaustiva, además de la propia experiencia profesional adquirida durante los años de laborar en el sector ambiental y con la participación de expertos, los cuales aportan sus opiniones al respecto.

Para definir los valores numéricos de la escala de degradación se basó en la consulta de literatura referente al tema de estudio como también en la consulta a expertos para tener una base sólida en la cual establecer los parámetros. Durante la selección de indicadores se consultó a varios expertos, entre ellos: un experto en extensión comunitaria para las variables del componente social, una especialista en manejo de cuencas y un biólogo para las variables del componente biofísico, una enfermera para las variables de salud, un economista para las variables del componente económico y dos maestros de educación media para las variables de educación y componente social. También se contó con la opinión del comité asesor para la selección de variables, quienes dieron un aporte fundamental en la aplicación de los indicadores en la zona.

3.2.1.3 Propuestas metodológicas para estimar la degradación de una cuenca

A continuación se proponen dos métodos en que se puede estimar la degradación de una cuenca, enfocando estas metodologías en indicadores claves para la aplicación del estudio.

3.2.1.3.1 Metodología rápida para estimar la degradación de una cuenca

Esta primera propuesta está basada en un diagnóstico rápido de elementos de la microcuenca, tanto biofísicos como sociales y económicos que son fácilmente observables. Se ocupa desarrollar una matriz con el fin de obtener la información necesaria para saber si una cuenca está mal manejada. Para ello se utiliza una escala de cuatro índices posibles de caracterización para cada indicador utilizado. Esta escala tiene la correspondencia siguiente:

Cuadro 2. Caracterización e índices de degradación para la metodología rápida

Caracterización	Índice de caracterización
Muy alta	3
Alta	2
Media	1
Baja o nula	0

Se parte de la premisa que entre mayor es el índice del indicador correspondiente, mayor es su contribución a la degradación de la cuenca. A continuación se presentan en cuadros

sucesivos, los indicadores e índices correspondientes para cada factor o variable considerada.

Cuadro 3. Ríos afectados por efectos de erosión y sedimentación

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Turbiedad y coloración anormal del agua				
Profundidad del cauce				

En este caso, entre mayor sean la coloración anormal del agua y la turbiedad, mayor será el índice numérico de caracterización. Por otra parte, entre menos sea la profundidad del cauce, y se observen evidencias de sedimentación y obstrucción del mismo, más alto será el índice de caracterización.

Cuadro 4. Contaminación del río (basura, químicos, desechos sólidos, industriales, etc.)

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de basura y otros desechos en la ribera de los ríos				
Evidencia aparente de contaminación (agua sucia, olores desagradables, arrastres de contaminantes)				

La presencia de basura en la ribera de los ríos es un factor determinante para decidir si hay o no degradación del sitio, entre más basura hay, habrá mayor degradación. Por otro lado, si la belleza paisajista de la zona se ve afectada, se puede asumir que hay degradación del recurso; los malos olores provenientes del río, así como su apariencia aceitosa o sucia, son señales de degradación.

Cuadro 5. Cuando ocurren inundaciones

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Frecuencia de inundaciones al año				
Impacto de inundaciones en la comunidad				

Entre más alto sea el número de inundaciones en la zona, se aumentará la degradación de los suelos. Y entre mayor sea el impacto de estas inundaciones, los suelos quedarán anegados y habrá más degradación.

Cuadro 6. Cuando se queman los campos agrícolas.

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de áreas quemadas en laderas				
Presencia de áreas sin vegetación				

Definitivamente la quema en laderas reduce la fertilidad del suelo por la pérdida de nutrientes ocasionada, esto acelera el proceso de degradación del suelo. Así mismo, la alta presencia de áreas sin vegetación, provoca escorrentía lo que resulta en erosión de la tierra.

Cuadro 7. Cuando se observa sobrepastoreo (degradación del suelo)

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de gradillas en laderas				
Carga animal elevada				

Entre mayor sea la presencia de gradillas causadas por el sobrepastoreo en laderas, mayor es el proceso de degradación. Por otra parte, la excesiva carga animal ocasiona degradación principalmente en laderas.

Cuadro 8. Cuando hay deslizamientos

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de cárcavas				
Presencia de áreas deslizadas recientemente				

La presencia de cárcavas en laderas es significado de una fuerte erosión causada por el mal manejo de la cuenca. Además, la alta presencia de recientes deslizamientos indican que la zona está muy degradada.

Cuadro 9. Cuando pendientes fuertes se dedican a la agricultura intensiva

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de agricultura sin obras de conservación de suelos				
Agricultura con prácticas inadecuadas				

Si encontramos agricultura sin ningún tipo de obras de conservación de suelos en fuertes pendientes, significa que puede haber mucha degradación del suelo. Por otra parte, es posible que encontremos este tipo de agricultura con alguna práctica, pero esta no está siendo bien aplicada, en este caso, el resultado será el mismo o peor a que no estuviera esa obra.

Cuadro 10. Cuando hay deforestación, principalmente de laderas

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de tocones en laderas				
Ausencia o poca vegetación en áreas de ladera				

Entre más alto sea el número de tocones presentes en laderas, significa que un gran número de árboles han sido talados. La deforestación contribuye a que el proceso de degradación aumente. También la ausencia de vegetación arbórea o presencia de guamiles en pendientes es un resultado de la deforestación.

Cuadro 11. Cuando los bosques primarios han sido eliminados

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de guamiles (tacotales) en laderas				
Presencia de bosques secundarios donde había bosque primario				

Si observamos que en la zona no existen bosques primarios con especies nativas de la zona, y en vez de este hay áreas extensas de guamiles, significa que hubo remoción de la masa boscosa, lo cual significa deforestación y degradación del bosque. Otra forma de saber si los bosques primarios han sido removidos, es por la presencia de bosques secundarios, los que ofrecen una variedad inferior de especies comparada con los bosques primarios.

Cuadro 12. Cuando los servicios de salud, educación, vivienda, transporte son deficientes o no existen

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Deficiencia en los servicios públicos				

La degradación es producto de la poca salubridad del sitio, la inaccesibilidad, la posible contaminación de las aguas para consumo humano por la falta de la potabilización de esta. Cuando en una zona no existen los servicios públicos básicos para el bienestar de la población, se produce degradación social en la población.

Cuadro 13. Cuando hay escasez de leña, madera, postes

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Escasez de leña en la zona				

La escasez de leña en la zona es un indicador clave que revela que hay una alta deforestación, por lo que las especies aún existentes corren el riesgo de ser eliminadas. La degradación en la cuenca aumenta si la escasez de leña y la demanda de esta aumentan.

Cuadro 14. Cuando hay sobreexplotación de los recursos naturales

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Ausencia de peces en el lago				
Ausencia de animales silvestres				

Cuando hay poca presencia de peces en el río, cuando la diversidad animales silvestres o aves es poca, o también cuando la diversidad de especies de árboles es escasa, entonces se puede decir que hay una alta degradación de los recursos.

Cuadro 15. Cuando hay un uso inadecuado del suelo

Indicadores	Índice de caracterización			
	MA	A	M	B
Presencia de erosión hídrica				
Suelos descubiertos				

Si la presencia de erosión laminar o cárcavas es muy remarcada en la zona, significa que hay un mal uso del suelo, lo que acarrea sedimentación en los ríos y quebradas, así mismo hay pérdida de nutrientes.

3.2.1.3.1.1 Evaluación de los datos para estimación de la degradación de la cuenca utilizando la metodología rápida

Para obtener el grado de degradación de la cuenca se procede de la siguiente manera:

- Se suman los valores de los índices correspondientes a cada uno de los indicadores considerados.
- El valor resultante se divide entre el número total de índices para obtener un índice promedio.
- El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice y se multiplica por cien para obtener el porcentaje de degradación de la cuenca.

Por ejemplo: si se tienen 20 indicadores y la suma es 50, se obtiene un índice promedio de 2.5; si el índice promedio se divide entre el valor máximo posible de índice, en este caso 3, y se multiplica por cien. Se obtiene:

$$(2.5 / 3) * 100 = 83\% \text{ en este caso}$$

- Luego este porcentaje de degradación se compara con la escala de índices de degradación, según la correspondencia siguiente:

Cuadro 16. Escala de índices de degradación para la metodología rápida

Porcentaje de degradación	Degradación de la cuenca
0.0 – 24.9	Baja o nula
25.0 – 49.9	Media
50.0 – 74.9	Alta
75.0 - 100	Muy alta

3.2.1.3.2 Metodología de tallada para estimar la degradación de una cuenca

El segundo método propuesto para estimar la degradación de una cuenca es más elaborado y constó en seleccionar los indicadores o variables a utilizar en la cuenca a la que se quiere aplicar el estudio, enfatizando los componentes biofísicos, sociales y económicos que inducen a la degradación. La selección de variables se basó en la revisión de bibliografía así como también la propia experiencia adquirida durante los años de laborar en el campo de los recursos naturales, además de la consulta a expertos. A continuación se presentan los cuadros por componente, con sus respectivos factores, variables e indicadores.

Cuadro 17. Indicadores del componente biofísico

Factor considerado	Variable	Indicador
Bosque	Deforestación	Área deforestada (%)
	Incendios Forestales	No. de incendios / año
	Aprovechamiento ilegal	No. de m ³ de madera / año
Agua	Disponibilidad de agua	No. de días con carestía de agua
	Tratamiento del agua de consumo humano	Aguas tratadas (%)
	Contaminación del agua de consumo humano	No. de coliformes fecales UFC/100 ml
Suelo	Erosión hídrica	Tipo de erosión
	Sedimentación	Pérdida de profundidad de ríos y quebradas (%)
	Suelos sin cobertura	Área sin cobertura (%)
	Sobrepastoreo	Área de ganadería en sobrepastoreo (%)

Cuadro 18. Indicadores del componente social

Factor considerado	Variable	Indicador
Educación	Analfabetismo	Población analfabeta (%)
	Concientización ambiental	No. de charlas / año
	Accesibilidad a escuelas	Porcentaje de alumnos con fácil acceso
Salud	Programas de vacunación	No. de campañas de vacunación / año
	Programas de rescate en casos de emergencia	No. de capacitaciones / año
	Prevención de pestes / enfermedades	No. de campañas / año
Presencia institucional	Asistencia técnica a productores	Productores capacitados / año (%)
	Coordinación interinstitucional	Ejecución de actividades en conjunto (%)
	Planes de Manejo	Planes de manejo ejecutados (%)
Asentamientos humanos	Ubicación poblacional	Población ubicada en la ribera de los ríos y otros sitios vulnerables (%)
	Tenencia de la tierra	Población con tierra propia (%)

Cuadro 19. Indicadores del componente económico

Factor considerado	Variable	Indicador
Renta / Ingresos	Desempleo	Desempleo en la zona (%)
	Poder adquisitivo de tierras	Capacidad de compra de acuerdo a ingresos
Infraestructura	Cobertura y abastecimiento hidroeléctrico	Población beneficiada (%)
	Calidad de materiales empleados en construcción	Viviendas construidas con materiales resistentes (%)
	Accesibilidad	Infraestructura vial en buen estado (%)
Turismo	Población dedicada al turismo	Población que vive del turismo (%)
Fuentes de Trabajo	Tipos de trabajo	Trabajos temporales y especializados (%)
	Fuentes de empleo	Presencia de agroindustrias en la zona

Con el fin de caracterizar cada indicador, y mediante una interpretación posterior del estado de degradación de la cuenca, se definió una escala de ponderación con cinco índices posibles para cada indicador, según se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 20. Caracterización e índices de degradación para la metodología detallada

Caracterización	Índice de caracterización
Muy alto	4
Alto	3
Medio	2
Bajo	1
Muy bajo o Nula	0

Esta escala fue determinada modificando un modelo metodológico propuesto por Cifuentes *et al.* (2000) para medir la efectividad de manejo de áreas protegidas. Fue el modelo que mejor se adaptó a la evaluación de los indicadores propuestos en este estudio. Se hizo una modificación, ya que en este caso se evaluaría la degradación, por lo tanto la escala es en orden negativo, donde el valor más alto es la situación menos deseada o más degradada de la cuenca en estudio. A continuación se presenta una breve descripción de cada variable considerada y su escala de calificación utilizado para el indicador considerado.

- Indicadores del componente biofísico

En esta sección se pretende explicar como cada variable biofísica interviene en el proceso de degradación de una cuenca y el sistema de calificación utilizado para cada una de las variables expuestas. Esto servirá para tener una idea clara del papel que cada indicador o variable juega en el proceso de degradación de una cuenca.

- **Factor: Bosque**

Variable: Deforestación

La deforestación es un problema importante a lo largo de los trópicos. Después de quemar el bosque, las cosechas pueden únicamente crecer por un par de años antes de que el suelo se agote y el campesino se cambie a otro lugar para quemar otra sección del bosque, dejando detrás un espacio muerto, directamente expuesto al sol abrasador y a la lluvia torrencial. La tierra necesita muchos años para recuperarse y a veces nunca se recupera. Es más, si el mantillo se pierde, la tierra nunca se recuperará del todo y el mantillo terminará en ríos y arroyos, ocasionando un disturbio ecológico adicional río abajo. Aún cuando la fertilidad de la tierra se recuperara, nunca verdaderamente volvería a su estado original.

Cuadro 21. Ponderación de la variable Deforestación

Área deforestada (% del total)	Valoración de la degradación	Calificación
40-100	Muy alta	4
30-40	Alta	3
20-30	Media	2
10-20	Baja	1
0-10	Muy baja	0

- Incendios forestales

La quema indiscriminada causada por la mano del hombre, produce pérdida de nutrientes en el suelo, pérdida económica notable cuando se trata de bosques primarios con especies maderables valiosas en el mercado y pérdida ambiental por la destrucción de los ecosistemas. Esto trae como consecuencia la degradación del ambiente, por lo tanto hace esta variable importante en esta metodología.

Cuadro 22. Ponderación de la variable Incendios Forestales

No. de incendios / año	Valoración de la degradación	Calificación
> 8	Muy alta	4
6-7	Alta	3
4-5	Media	2
2-3	Baja	1
0-1	Muy baja	0

- Aprovechamiento ilegal

El aprovechamiento ilegal de los recursos del bosque a través del corte de madera, la cacería y otras actividades no permitidas, deteriora la belleza escénica del sitio presentando un panorama asolador (Gámez, 1999). Por lo tanto, esta variable es considerada dentro de este estudio.

Cuadro 23. Ponderación de la variable Aprovechamiento ilegal

No. de m ³ de madera / año	Valoración de la degradación	Calificación
>800	Muy alta	4
600-799	Alta	3
400-599	Media	2
200-399	Baja	1
0-199	Muy baja	0

• **Factor: Agua**

- Disponibilidad de agua

La calidad de vida de los habitantes de una cuenca depende en gran medida de la disponibilidad de agua existente y ,más aún, el abastecimiento de agua por medios seguros (agua potable, agua por cañería y pozos). Es así como esta variable está considerada como parte fundamental en la metodología.

Cuadro 24. Ponderación de la variable Disponibilidad de agua potable

No. de días con carestía de agua	Valoración de la degradación	Calificación
> 80	Muy alta	4
61-80	Alta	3
41-60	Media	2
21-40	Baja	1
0-20	Muy baja	0

- Calidad del agua

Dependiendo del uso de la tierra adyacente a los ríos y quebradas, así será la calidad del recurso hídrico. El cultivo y beneficiado del café es uno de los que contribuye a disminuir la calidad de las aguas, ya que los químicos utilizados en su producción y los desperdicios después de su procesamiento, llegan a las corrientes de agua y la contaminan, lo que al final perjudica la salud de quienes la consumen (SERNA, 1997).

Cuadro 25. Ponderación de la variable Tratamiento del agua de consumo humano

Porcentaje de aguas tratadas	Valoración de la degradación	Calificación
< 41 %	Muy alta	4
41-55 %	Alta	3
56-70 %	Media	2
71-85 %	Baja	1
86-100 %	Muy baja	0

- Contaminación de agua

Un buen índice para medir la salubridad de las aguas es el número de bacterias coliformes fecales presentes en el agua. La Organización Mundial de la Salud recomienda un recuento de 0 colonias por cada 100 ml de agua para beber. Se debe hacer un análisis de calidad de las aguas pues su presencia indica contaminación con heces. La bacteria más conocida es *Escherichia coli* (CEIT, 2000). La erradicación de este problema requiere de una acción social múltiple en la que interviene la educación en el hogar y en la escuela, así como la inversión del Estado en el sector de la salud.

Cuadro 26. Ponderación de la variable Contaminación de agua de consumo humano

No. de coliformes fecales UFC/100 ml	Valoración de la degradación	Calificación
> 4	Muy alta	4
3-4	Alta	3
2-3	Media	2
1-2	Baja	1
0	Muy baja	0

• **Factor: Suelo**

- Erosión hídrica

Los cultivos en limpio sin obras de conservación de suelo, están provocando una fuerte erosión hídrica, con arrastre de materiales que se depositan en el lecho de los ríos y

quebradas, e infraestructura energética, dando como resultado una fuerte sedimentación. El método descrito por la FAO se refiere al daño visible causado a los suelos por la erosión acelerada. Para medir el grado de erosión se recurre a la observación en el campo de pedestales y raíces desnudas, a la existencia de canículas, terracetas, surcos, cárcavas y deslizamiento, a la remoción de masas y a la acumulación de sedimentos en el pie de pendientes y vías de desagüe (Müller *et al.*, 1998). De esta manera se implementaron cinco categorías de erosión que van de 1-5, y que se ha modificado en esta metodología proponiendo la misma valoración con un índice de calificación de 0-4

Cuadro 27. Ponderación de la variable Erosión hídrica

Tipo de erosión	Valoración de la degradación	Calificación
Cárcavas profundas y/o densas	Muy alta	4
Erosión laminar y/o fuerte, cárcavas incipientes	Alta	3
Erosión laminar y/o surcos moderada	Media	2
Erosión laminar y/o surcos ligera	Baja	1
Sin síntomas de erosión	Muy baja	0

- Sedimentación

Esta variable está íntimamente relacionada con la erosión, al ocurrir la erosión, se produce el lavado de tierra, arrastrando hasta los ríos y quebradas toda la tierra fértil, dejando el suelo estéril y provocando la degradación en el suelo.

Cuadro 28. Ponderación de la variable Sedimentación

Pérdida de profundidad de ríos y quebradas (%)	Valoración de la degradación	Calificación
> 39	Muy alta	4
30-39	Alta	3
20-29	Media	2
10-19	Baja	1
0-9	Muy baja	0

- Sobrepastoreo

Cuando el ganado pisotea y compacta el suelo, éste puede perder su capacidad para el cultivo de plantas y la conservación de la humedad, lo que aumentará la evaporación y la escorrentía superficial. La vegetación se deteriora. Un suelo suelto puede marchitar las plantas con ráfagas de polvo, puede enterrarlas o dejar sus raíces peligrosamente expuestas (RISDE, 2001). Cuando los pastizales se explotan excesivamente con demasiados animales

o con tipos inapropiados, pueden desaparecer especies de plantas comestibles, lo que permitirá la invasión de plantas no comestibles y, más aún, la desaparición de cualquier tipo de vegetación.

Cuadro 29. Ponderación de la variable Sobrepastoreo

Área de ganadería en sobrepastoreo (%)	Valoración de la degradación	Calificación
> 39	Muy alta	4
30-39	Alta	3
20-29	Media	2
10-19	Baja	1
0-9	Muy baja	0

- Suelos sin cobertura

El suelo, la vegetación, los suministros de agua, y otros recursos de las tierras secas en general son resistentes, es decir que pueden recuperarse después de sufrir perturbaciones climáticas como la sequía y afectos provocados por el hombre. Sin embargo, cuando las tierras se degradan, esta capacidad de recuperación se reduce sustancialmente, lo que conlleva repercusiones físicas y socioeconómicas. El suelo se vuelve menos productivo. Los vientos y la lluvia pueden llevarse la capa superficial expuesta y erosionada de las tierras. La estructura física y composición bioquímica del suelo puede empeorar, formándose hondonadas y grietas, en tanto que el viento y el agua pueden eliminar nutrientes vitales. Si el nivel freático sube debido a un avenamiento inadecuado y a prácticas de irrigación deficientes, el suelo puede anegarse y la salinidad aumentar. La pérdida del manto vegetal es a la vez una consecuencia y una causa de la degradación de la tierra (RISDE, 2001).

Cuadro 30. Ponderación de la variable Suelos sin cobertura

Área sin cobertura (%)	Valoración de la degradación	Calificación
> 39	Muy alta	4
30-39	Alta	3
20-29	Regular	2
10-19	Baja	1
0-9	Muy baja	0

- Indicadores del componente social

En esta sección se pretende explicar como cada variable social interviene en el proceso de degradación de una cuenca y el sistema de calificación utilizado para cada una de las variables expuestas. Esto servirá para tener una idea clara del papel que cada indicador o variable juega en el proceso de degradación de una cuenca.

• Factor: Educación

- Nivel de escolaridad

La educación es fundamental para la superación y desarrollo humano. En tal sentido, la transformación de la pobreza y la degradación ambiental dependen en gran medida de los logros que se puedan alcanzar en educación. (SERNA, 1997).

Cuadro 31. Ponderación de la variable Analfabetismo

Población analfabeta (%)	Valoración de la degradación	Calificación
> 20	Muy alta	4
15-19	Alta	3
10-14	Media	2
5-9	Baja	1
0-4	Muy baja	0

- Concientización ambiental

La capacitación y educación ambiental es una herramienta para crear una actitud a favor de la conservación y protección de los recursos naturales. Es por esta razón que esta considerada como parte fundamental en la escala de degradación.

Cuadro 32. Ponderación de la variable Concientización ambiental

No. de charlas / año	Valoración de la degradación	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
> 4	Muy baja	0

- Accesibilidad a escuelas

Además de la capacitación sobre charlas ambientales, es un factor decisivo cuan accesible están las escuelas y colegios a la mayoría de los habitantes en la cuenca. Esto influirá en el nivel de escolaridad de la población.

Cuadro 33. Ponderación de la variable Accesibilidad a centros educativos

Porcentaje de alumnos con fácil acceso	Valoración de la degradación	Calificación
0-19 %	Muy alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

- **Factor: Salud**

- Programas de vacunación

Se pretende con esta variable enfatizar la salud en la población de la cuenca y evaluar la eficiencia y dinamismo al Estado en el campo de la salud. También es imprescindible conocer el adelanto o atraso de las condiciones de salud de la población de menores ingresos, la cobertura de atención en salud hacia las poblaciones en mayor riesgo de enfermar y la capacidad instalada de los centros de salud importantes para mejorar la calidad de vida de la población.

Cuadro 34. Ponderación de la variable Programas de vacunación

No. de campañas de vacunación / año	Valoración de la degradación	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
>= 4	Muy baja	0

- Programas de rescate en casos de emergencia

Se refiere a la existencia de comités permanentes de contingencia en la zona de estudio, y conocer si hay o no programas de capacitación en caso de la ocurrencia de un desastre natural. Esto demuestra cuán preparada se encuentra la comunidad para recibir un evento.

Cuadro 35. Ponderación de la variable Programas de rescate en casos de emergencia

No. de capacitaciones / año	Valoración de la degradación	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
>= 4	Muy baja	0

- Prevención de pestes / enfermedades

Se refiere a la prevención de pestes que en vez de vacunación se combaten con la fumigación, por ejemplo el dengue y paludismo. También consiste en la aplicación de charlas para eliminar cualquier foco de infección en la comunidad. El Estado es quien debe hacer este tipo de actividad, pero si no existiera, debe ser la comunidad, debidamente organizada, quien efectúe estas actividades.

Cuadro 36. Ponderación de la variable Prevención y erradicación de pestes / enfermedades

No. de campañas / año	Valoración de la degradación	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
≥ 4	Muy baja	0

• **Factor: Presencia institucional**

- Asistencia técnica a productores

Las prácticas agrícolas de conservación de suelos se llevará a cabo solamente si los productores reciben la debida capacitación requerida para esto. Las prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos son programadas con la finalidad de reducir los problemas de erosión y las múltiples consecuencias que acarrea. Esta variable evalúa cuan preparados están los productores de la zona para hacer un buen manejo del suelo.

Cuadro 37. Ponderación de la variable Asistencia técnica a productores

Porcentaje de productores capacitados /año	Valoración de la degradación	Calificación
0-20 %	Muy alta	4
21-40 %	Alta	3
41-60 %	Media	2
61-80 %	Baja	1
81-100 %	Muy baja	0

- Coordinación interinstitucional

La coordinación interinstitucional puede causar problemas tales como la atención a los efectos de contaminación no es prioridad entre las instituciones. No se aplican políticas de prevención y motivación para evitar la contaminación. El impacto que se produce es la duplicidad y no concordancia de acciones institucionales (SERNA, 1997).

Cuadro 38. Ponderación de la variable Coordinación interinstitucional

Porcentaje de ejecución de actividades en conjunto	Valoración de la degradación	Calificación
0-20 %	Muy alta	4
20-40 %	Alta	3
40-60 %	Media	2
60-80 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

- Planes de Manejo

Con esta variable se pretende evaluar el avance de las actividades planteadas en los planes de manejo, en caso que existieran, de las instituciones presentes en la cuenca. Esto servirá para conocer si la cuenca cuenta con el apoyo de las instituciones para solventar las necesidades y enfrentar los conflictos de la cuenca.

Cuadro 39. Ponderación de la variable Planes de Manejo

Porcentaje de los planes de manejo ejecutados	Valoración de la degradación	Calificación
0-20%	Muy alta	4
21-40%	Alta	3
41-60%	Media	2
61-80%	Baja	1
81-100%	Muy baja	0

• **Factor: Asentamientos humanos**

- Ubicación poblacional

El número de casas ubicadas en la ribera de los ríos es factor clave para conocer la degradación de la cuenca. Se asume que entre más casas estén cerca del río, habrá mayor presión al recurso hídrico, lo cual resulta en un grado de contaminación.

Cuadro 40. Ponderación de la variable Ubicación poblacional

Porcentaje de la población ubicada cerca de la ribera de los ríos y otros sitios vulnerables	Valoración de la degradación	Calificación
$\geq 40\%$	Muy alta	4
30-39%	Alta	3
20-29%	Media	2
10-19%	Baja	1
0-10%	Muy baja	0

- Tenencia de la tierra

Esta variable está considerada en muchos proyectos por su importancia. Por ejemplo, en Las 15 microcuencas del río Calico, San Dionisio, Matagalpa (Espinoza y Vernooy, 1998), esta variable es una de las consideradas. Este es un proyecto que busca priorizar las microcuencas usando varios indicadores, entre ellos la tenencia de la tierra. Evaluando esta variable podemos conocer los avances obtenidos en materia de titulación de tierras, la disminución de las invasiones, y el arrendamiento como modalidades que facilitan el acceso a la tierra, y un uso más eficiente del suelo (FAO, 2000). La desigualdad en la tenencia de la tierra es un factor determinante de la pobreza.

Cuadro 41. Ponderación de la variable Tenencia de la tierra

Porcentaje de la población con tierra propia	Valoración de la degradación	Calificación
<= 59 %	Muy alta	4
60-69 %	Alta	3
70-79 %	Media	2
80-89 %	Baja	1
>= 90 %	Muy baja	0

- Indicadores del componente económico

En esta sección se pretende explicar como cada variable económica interviene en el proceso de degradación de una cuenca y el sistema de calificación utilizado para cada una de las variables expuestas. Esto servirá para tener una idea clara del papel que cada indicador o variable juega en el proceso de degradación de una cuenca.

• Factor: Renta / Ingresos

- Tasa de desempleo

La alta tasa de desempleo de una zona crea un alto índice de criminalidad, lo que repercute en la seguridad ciudadana, y la estabilidad de las personas en la zona. Además, constituye una fuerte presión sobre el ambiente biofísico de la cuenca, ya que al no haber un ingreso, se opta por ubicarse en zonas frágiles, lo cual viene a crear una mayor degradación de los recursos.

Cuadro 42. Ponderación de la variable Desempleo

Porcentaje de desempleo en la zona	Valoración de la degradación	Calificación
>= 20 %	Muy alta	4
15-19 %	Alta	3
10-14 %	Media	2
5-9 %	Baja	1
0-4 %	Muy baja	0

- Poder adquisitivo de tierras

La pobreza está determinada por el bajo ingreso per capita y por el alto grado de desigualdad existente en su distribución. La población más pobre, coincidentemente, esta localizada en zonas cuyos suelos son de baja productividad agropecuaria, dada su predominante vocación forestal, lo cual además promueve impactos negativos al suelo (SERNA, 1997).

Cuadro 43. Ponderación de la variable Poder adquisitivo de tierras (Honduras)

Capacidad de compra de acuerdo a ingresos	Valoración de la degradación	Calificación
De Lps. 800-2.500	Muy alta	4
Lps. 2.500-4.000	Alta	3
Lps. 4.000-6.000	Media	2
Lps. 6.000-8.000	Baja	1
> Lps. 8.000	Muy baja	0

• **Factor: Infraestructura**

- Abastecimiento hidroeléctrico

Dependiendo del porcentaje de la población beneficiada por el abastecimiento hidroeléctrico, podemos deducir cuan desarrollada esta la cuenca, y cual es la importancia que el Estado presta a la zona. Con esta variable se evalúa el avance de la cuenca correspondiente al nivel de vida de la población. Si el nivel de vida es bueno, entonces el resultado es positivo. El nivel de vida esta relacionado con la degradación ambiental de una zona cuando la gente tiene mejores opciones de adquisición o pago de un servicio.

Cuadro 44. Ponderación de la variable Cobertura y abastecimiento hidroeléctrico

Porcentaje de la población beneficiada	Valoración de la degradación	Calificación
0-19	Muy alta	4
20-39	Alta	3
40-59	Media	2
60-79	Baja	1
80-100	Muy baja	0

-Accesibilidad

El porcentaje de la infraestructura vial en buen estado es un indicador necesario para conocer el desarrollo de social y económico de una cuenca. Si se abren rutas de acceso a un área, esto trae consigo fuentes de trabajo, construcción de centros de salud, o por lo menos la llegada de brigadas médicas para dar asistencia a los pobladores. Si la accesibilidad es mala, la gente tendría que viajar kilómetros para estudiar en escuelas o colegios, su nivel de vida se vería afectado.

Cuadro 45. Ponderación de la variable Accesibilidad

Porcentaje de la infraestructura vial en buen estado	Valoración de la degradación	Calificación
0-19	Muy alta	4
20-39	Alta	3
40-59	Media	2
60-79	Baja	1
80-100	Muy baja	0

- Calidad de materiales empleados en construcción

Esta variable se refiere a la condición de vida de la población con respecto a la calidad de los materiales resistentes usado en la construcción de sus viviendas. Entre más resistente sea la vivienda, mayor estabilidad habrá. Esto influye en el sistema migratorio, obliga a las personas a establecerse en un solo sitio por la inversión hecha, en caso que la vivienda sea construida con materiales de buena calidad.

Cuadro 46. Ponderación de la variable Calidad de materiales empleados en construcción

Porcentaje de viviendas construidas con materiales resistentes	Valoración de la degradación	Calificación
0-19	Muy alta	4
20-39	Alta	3
40-59	Media	2
60-79	Baja	1
80-100	Muy baja	0

• Factor: Turismo

-Afluencia turística

Considerando aspectos referentes a la calidad de visitación, se plantea la necesidad de evaluar la variable afluencia turística, ya que una sobre carga turística alta podría causar degradación en la cuenca.

Cuadro 47. Ponderación de la variable Población dedicada al turismo

Porcentaje de la población que vive del turismo	Valoración de la degradación	Calificación
0-9	Muy alta	4
10-19	Alta	3
20-29	Media	2
30-39	Baja	1
>= 40	Muy baja	0

- **Factor: Fuentes de trabajo**

- Tipos de trabajo

Dependiendo de las categorías de trabajo más solicitadas en la cuenca, así será el tipo de ingreso que reciben las personas. El tipo de mano de obra que se emplea, ya sea especializada o no especializada. Existe una relación directa con el nivel de escolaridad de la gente, entre mejor preparada este, mejor será su ingreso. Esto influirá en el nivel de vida que lleven los pobladores, al igual que la capacidad de adquisición de tierras en lugares aptos para habitar.

Cuadro 48. Ponderación de la variable Tipos de trabajo

Porcentaje de trabajos temporales y especializados	Valoración de la degradación	Calificación
80-100	Muy alta	4
60-79	Alta	3
40-59	Media	2
20-39	Baja	1
0-19	Muy baja	0

- Fuentes de trabajo

Esta variable esta relacionada con la presencia de agroindustrias en la zona. Si una cuenca gozara de suficientes fuentes de empleo todos tendrían opción a un salario, lo cual reduciría la tasa de desempleo de la zona, elevaría el nivel de vida, y se reduciría la degradación de la zona por la presión a los recursos naturales.

Cuadro 49. Ponderación de la variable Fuentes de empleo

Presencia de agroindustrias en la zona	Valoración de la degradación	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
4	Muy baja	0

3.2.1.3.2.1 Evaluación de los datos para estimación de la degradación de la cuenca

Para obtener el grado de degradación de la cuenca se procede de la siguiente manera:

- a. Se calcula la degradación para el componente biofísico, social y económico independientemente, según se detalla a continuación:
- b. Se suman los valores de los índices de calificación correspondientes a cada una de las variables o indicadores considerados. Si existe más de una fuente de información (entrevistas, expertos, etc.) primero se debe promediar el índice según ese número de fuente de información.
- c. El valor resultante se divide entre el número total de índices (variables o indicadores) para obtener un índice promedio. También se puede obtener un promedio por factor (bosque, agua, suelo, salud, etc) mediante el mismo procedimiento.
- d. El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice y se multiplica por cien para obtener el porcentaje de degradación de la cuenca para el componente correspondiente.
- e. Luego este porcentaje de degradación se compara con la escala de índice de degradación según la correspondencia siguiente:

Cuadro 50. Escala de índices de degradación para la metodología detallada

Porcentaje de degradación	Degradación de la cuenca
0-19.9	Muy baja
20-39.9	Baja
40-59.9	Media
60-79.9	Alta
80-100	Muy alta

- f. Así por ejemplo, si el porcentaje de degradación para el componente biofísico es 55%, le corresponde una valoración de degradación media.
- g. Si se quiere se puede hacer el cálculo integral, sin separar en componentes, y obtener entonces el porcentaje total de degradación de la cuenca, tal y como se muestra en el cuadro 52. Para ello, se suman los índices promedios de cada componente se promedia y se divide entre el valor máximo posible, luego este valor se multiplica por cien.

Es necesario señalar que todos los indicadores utilizados en esta metodología tienen el mismo peso de ponderación, ya que todos interactúan y tienen relación entre sí, por lo que están considerados como de igual valor al momento de su aplicación en el área seleccionada.

3.2.1.3.2.2 Ejemplo hipotético

A continuación se presenta un ejemplo de la evaluación de una cuenca usando la metodología propuesta.

Datos:

Se aplicó la escala de degradación en toda la cuenca X. Para el componente biofísico (cuadro 51) se utilizaron tres factores con un total nueve variables, para el social se utilizaron cuatro factores con un total once variables y para el económico se utilizaron cuatro factores con un total de ocho variables. Se asumen valores hipotéticos para los componentes social y económico en el cuadro de resultado general (cuadro 52).

Cuadro 51. Evaluación del componente Biofísico

Factor	Variable	Promedio por variable	Promedio por factor
Bosque	Deforestación	3	2,33
	Incendios Forestales	1	
	Aprovechamiento ilegal	3	
Agua	Disponibilidad de agua	1	2,0
	Tratamiento del agua de consumo humano	3	
Suelo	Erosión hídrica	3	2,25
	Sedimentación	3	
	Suelos sin cobertura	2	
	Sobrepastoreo	1	
Total		20	
Promedio		2,2	

Cuadro 52. Resultado general de la evaluación de la degradación de la cuenca

Componente	Promedio por componente	Total máximo posible	Degradación existente en %	Valoración de la degradación
Biofísico	2,2	4	55	Media
Social	2,4	4	60	Alta
Económico	2,7	4	67	Alta
Total en la cuenca	2,43	4	61	Alta

En este ejemplo se puede concluir que existe una mayor degradación en el componente económico que se ubica en el índice de degradación Alta. Le sigue el componente social, que se ubica también en la categoría de índice de degradación Alta, y el componente biofísico que se ubica en la categoría media, lo que indica que no hay una presión media sobre los recursos. En general la cuenca se encuentra ubicada en la categoría Alta de degradación, por lo cual urge un plan de acción para detener esta degradación.

3.2.2 Aplicación de la metodología

En esta etapa se aplica la metodología propuesta para estimar la degradación a la microcuenca Los Naranjos, ubicada en la subcuenca Santa Cruz de Yojoa, que es parte de la cuenca del Lago de Yojoa.

3.2.2.1 Descripción del área de estudio

La cuenca del Lago de Yojoa cuenta con siete subcuencas, de las cuales se escogió trabajar en la subcuenca de Santa Cruz de Yojoa y específicamente en la microcuenca Los Naranjos porque tiene problemas de inundación en la temporada de invierno. La cuenca del lago tiene una superficie de 337 km². sin contar el espejo acuático. Ciertos usos de la tierra y actividades industriales son responsables de la contaminación y de los altos niveles de sedimentación en los ríos y quebradas. El alcantarillado descarga, sin tratamiento alguno, directamente en la quebrada. Las prácticas agrícolas intensivas y la resultante destrucción del bosque contribuyen a la carga de sedimentos y al régimen irregular de los ríos. El potencial de inundaciones es alto durante el período de lluvias en la microcuenca Los Naranjos. Esta microcuenca cuenta con un área aproximada de 842 Has.

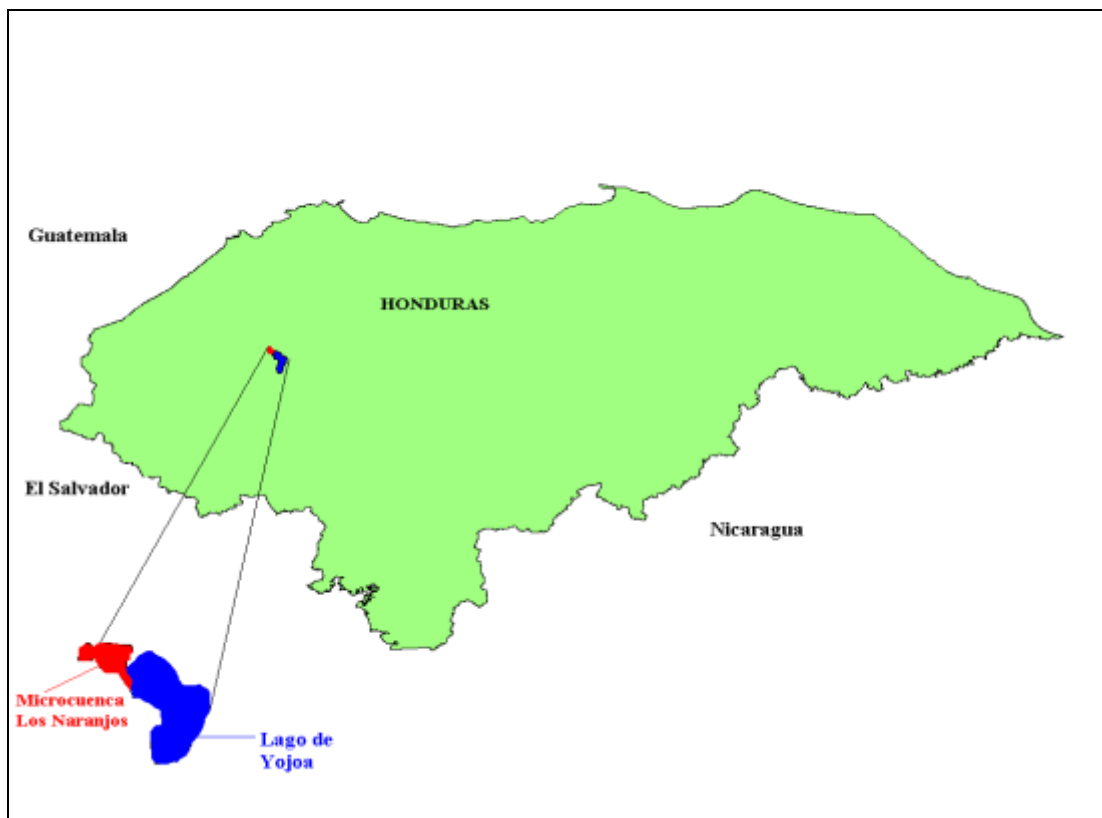


Figura 1. Mapa de ubicación del Lago de Yojoa y microcuenca Los Naranjos

En cuanto a la topografía, en el sector norte de la cuenca el terreno es plano y poco ondulado. Al noroeste, entre los cerros El Hoyo y La Guama, al sureste en las regiones contiguas a Varsovia y al oeste en Los Naranjos el terreno es ondulado. En las zonas más alejadas de las orillas del lago, al este, oeste y sur, la topografía varía de ondulada a montañosa, como en el caso del Cerro Santa Bárbara (2744 msnm).

Con respecto al uso de la tierra, el drenaje es moderado a lento y tiene una capacidad favorable para la retención de agua, razón por la cual estas áreas son utilizadas para cultivar maíz, caña, árboles frutales y plantas ornamentales. Las áreas de mal drenaje son utilizadas para pastos. En las áreas de mayor desarrollo de los suelos, la textura es arcillosa, el drenaje es lento y buena la capacidad de retención de agua. Dichos suelos son utilizados para plantaciones de café (en laderas de menor declive) y para cultivos de frijol, maíz, yuca y frutales en las laderas de mayor pendiente. Los pastos están ampliamente distribuidos sobre estos suelos y los bosques se limitan a las áreas con fuertes pendientes o inaccesibles.

3.2.2.2 Reconocimiento de campo del área de estudio y recopilación de información

Se visitó en primera instancia la municipalidad de Santa Cruz de Yojoa, que fue la subcuenca escogida para aplicar la metodología planteada. Luego de analizar diferentes microcuencas con el encargado de la Unidad Municipal Ambiental (UMA), se llegó a la decisión de aplicar la metodología en la microcuenca Los Naranjos, ya que esta zona sufre de inundaciones durante el invierno. Luego de visitar la municipalidad se prosiguió con el recorrido de la microcuenca, lo que incluyó a las comunidades que se encuentran dentro de la zona, las cuales son Peña Blanca y Los Naranjos, visitas a productores líderes, técnicos de instituciones públicas, y a la Asociación de Municipios para la Protección del Lago (AMUPROLAGO), a fin de hacer los contactos necesarios y tener una visión inicial del estado de la microcuenca y su problemática. Para lograr esto se debió visitar instituciones públicas y privadas que están dentro de la microcuenca los cuales tienen vínculos con el manejo de la cuenca del lago de Yojoa y a nivel nacional:

- Instituto Hondureño del Café (IHCAFE)
- Administración Forestal del Estado (AFE-COHDEFOR)
- Municipalidad de Santa Cruz de Yojoa
- Asociación de Municipalidades para la Protección del Lago de Yojoa (AMUPROLAGO)
- Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Asimismo, cuentan con información que permitió definir la línea base para el estudio. Además de bibliografía, se requirió adquirir hojas cartográficas del sitio, mapas de uso actual del suelo, fotografías aéreas de años pasados.

3.2.2.3 Análisis del estado actual de la cuenca con base en la información recopilada y aplicación de la escala de degradación

En esta etapa se analizó el estado actual de la microcuenca utilizando la información recopilada en la etapa anterior como ser mapas y fotografías aéreas, y datos sobre la población de la microcuenca. Para la estimación de la degradación se tomó como referencia los siguientes componentes: biofísicos, sociales, económicos. Se hizo un análisis breve

como parte del recorrido de la zona, esto sirvió para visualizar el estado biofísico de la microcuenca y hacer un diagnóstico de los recursos disponibles en el área de estudio para luego plantear el siguiente paso que es la evaluación de la metodología y determinar los indicadores y/o variables a aplicar. La variable Contaminación de agua, no se aplicó, ya que en la microcuenca no se contaban con datos sobre presencia de coliformes fecales. Usando el sistema de información geográfico, se obtuvo que la microcuenca los Naranjos con 842 has. tiene el siguiente uso actual del suelo:

Cuadro 53. Uso actual del suelo de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Uso actual del suelo	Area (has)
Asentamientos humanos	13,16
Bosque primario	115,46
Bosque secundario	68,38
Cafetal	40,86
Canal	12,66
Caña	94,02
Cultivos anuales	40,58
Infraestructura vial	11,67
Parque nacional Santa Bárbara	186,77
Cultivos perennes	1,16
Pastos	140,66
Sistema silvopastoril	7,37
Suelos sin cobertura	5,34
Guamiles	102,31
Vegetación hidrofítica (manglar)	1,86
TOTAL	842,26

En esta fase no se aplicó la metodología rápida debido a que se enfatizó más en la aplicación de la metodología detallada ya que el área de la microcuenca es pequeña, y se prefirió optar por la segunda metodología para obtener resultados más confiables. Se realizaron visitas y entrevistas destinadas a productores, técnicos de instituciones públicas y privadas, escuelas, centros de salud, y organizaciones financieras en el área de estudio para aplicar las escalas y así obtener los datos (aplicación de la escala de degradación). Esto para verificar el funcionamiento de la metodología de determinación de la degradación de la cuenca. Estos datos de campo fueron complementados con la información secundaria obtenida durante la fase de segunda de la aplicación de la metodología.

Los criterios utilizados para la selección de personas a entrevistar fue el de **informantes claves**, en el caso de técnicos en la zona, se tomó en cuenta la presencia de las instituciones en el campo de salud, agropecuario, forestal, y comunicaciones, para las cuales ellos trabajan y conocen la situación actual de la microcuenca. Así mismo con los productores se empleó la misma técnica basándose en organizaciones dentro de la microcuenca (hay una asociación cafetalera), las cuales los productores administran. También se aplicó a personas líderes dentro de las comunidades por ejemplo en: patronatos, juntas de agua, y comisiones especiales.

Los informantes claves se seleccionaron teniendo en consideración que son una muestra representativa de la población de la microcuenca donde se aplicó la metodología. Es decir, no existe un tamaño de la muestra establecido, sino que se trata de escoger a las personas que juegan un papel determinante en las actividades, proyectos, o acciones que se realizan en la microcuenca y que afectan de algún modo a toda la población que en ella habita.

3.3 Resultados

De las escalas diseñadas y aplicadas en la microcuenca Los Naranjos, se obtuvieron los datos a ser analizados para conocer el estado de la microcuenca con respecto a la degradación sufrida. Se realizaron 29 entrevistas, en las que se solicitó respuesta a los participantes sobre un total de 28 variables, correspondientes a los componentes biofísico, social, y económico de la microcuenca. Los resultados fueron los siguientes:

3.3.1 Componente biofísico

En el cuadro 54 se presenta la evaluación la de degradación correspondiente al componente biofísico de la microcuenca Los Naranjos. Según los resultados obtenidos, los factores que sufren de mayor degradación son el factor agua, principalmente con la variable de tratamiento del agua de consumo humano, y el factor suelo, con la variable suelos sin cobertura. El factor que esta menos afectado es el bosque, pero dentro de este factor, la variable deforestación tiene un índice de degradación que bien pudiera alcanzar de degradación media a alta.

Cuadro 54. Evaluación del componente biofísico en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Factor	Variable	Total Alcanzado	Promedio por Variable	Promedio por Factor
Bosque	Deforestación	71	2,4	1,4
	Incendios Forestales	20	0,7	
	Aprovechamiento ilegal	30	1,0	
Agua	Disponibilidad de agua	3	0,1	1,7
	Tratamiento del agua de consumo humano	94	3,2	
Suelo	Erosión hídrica	41	1,4	1,7
	Sedimentación	43	1,5	
	Suelos sin cobertura	72	2,5	
	Sobrepastoreo	39	1,3	
Promedio				1,6

3.3.2 Componente social

En el cuadro 55 se presenta la evaluación la de degradación correspondiente al componente social de la microcuenca Los Naranjos. Según los resultados obtenidos, el factor que sufre de mayor degradación es el factor presencia institucional, debido a que las variables en este componente tienen un índice de degradación bastante alto. Le sigue el factor salud, y el factor asentamientos humanos que se ubican en una categoría media de degradación. El factor que se encuentra menos degradado es el de educación.

Cuadro 55. Evaluación del componente social en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Factor	Variable	Total Alcanzado	Promedio por Variable	Promedio por Factor
Educación	Analfabetismo	93	3,2	1,6
	Concientización ambiental	45	1,6	
	Accesibilidad a escuelas	4	0,1	
Salud	Programas de vacunación	29	1,0	2,3
	Programas de rescates	106	3,7	
	Prevención y erradicación de pestes	66	2,3	
Presencia institucional	Asistencia técnica a productores	91	3,1	3,0
	Coordinación interinstitucional	86	3,0	
	Planes de Manejo	83	2,9	
Asentamientos humanos	Ubicación poblacional	62	2,1	2,0
	Tenencia de la tierra	56	1,9	
Promedio				2,2

3.3.3 Componente económico

En el cuadro 56 se presenta la evaluación la de degradación correspondiente al componente económico de la microcuenca Los Naranjos. Según los resultados obtenidos, el factor que sufre de mayor degradación es el factor renta / ingresos, por el alto índice de degradación de la variable desempleo y la variable capacidad de compra de acuerdo a ingresos. Le sigue el factor turismo, seguido junto con el de fuentes de trabajo. El factor que se encuentra con menor grado de degradación es el factor infraestructura

Cuadro 56. Evaluación del componente económico en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Factor	Variable	Total Alcanzado	Promedio por Variable	Promedio por Factor
Renta/Ingresos	Desempleo	88	3,0	3,3
	Capacidad de compra de acuerdo a ingresos	102	3,5	
Infraestructura	Cobertura y abastecimiento hidroeléctrico	23	0,8	0,9
	Accesibilidad	16	0,6	
	Calidad de materiales construcción	38	1,3	
Turismo	Población dedicada al turismo	84	2,9	2,9
Fuentes de trabajo	Tipos de trabajo	45	1,6	2,6
	Fuentes de empleo	107	3,7	
Promedio				2,4

3.3.4 Degradación de la microcuenca

Con el cuadro de resultado general (Cuadro 57), y la figura 2, se presentan los resultados correspondientes a la síntesis de todos los componentes analizados para obtener la degradación de la microcuenca estudiada, que le corresponde un valor del 52 %. Así, tenemos que es el componente económico es el que tiene mayor degradación en la microcuenca, por ciertos factores que influyen en este componente, y que se ubica en la categoría alta degradación. El componente que sufre de menos degradación es el biofísico que se ubica en la categoría media degradación, al igual que el componente social.

Cuadro 57. Resultado general de la estimación de la degradación en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Componente	Promedio por componente	Total máximo posible	Degradación existente en %	Valoración de la degradación
Biofísico	1,6	4	40	Media
Social	2,2	4	55	Media
Económico	2,4	4	60	Alta
Degradación de la microcuenca	2,07	4	52	Media

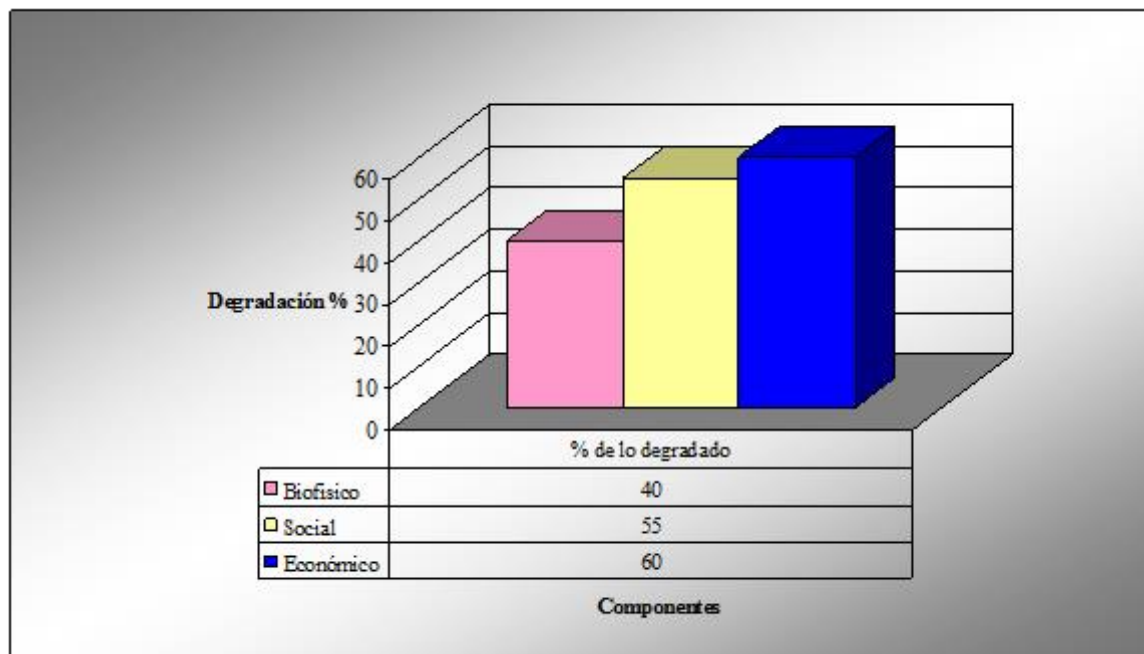


Figura 2. Resultado general de la estimación de la degradación por componente de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

3.4 Discusión

La metodología propuesta para estimar la degradación en una cuenca está basada en una serie de variables obtenidas de una revisión bibliográfica, experiencia propia, y consulta a expertos. Se consideraron los componentes biofísico, social, y económico, ya que se considera que hacen un conjunto total en la determinación de la degradación. La metodología consta de dos partes, el planteamiento de la metodología en sí, y la aplicación de la misma en una microcuenca, y que además contempla el análisis de resultados.

De acuerdo a cada componente se utilizó un número determinado de variables, ya que el número de variables no fue el mismo en todas debido a que se fueron descartando y al final se trabajó con las más importantes. Es por esto que los totales alcanzados, como los promedios por componente no son los indicados para hacer una comparación entre componentes. Más que todo, sirve para ubicar a cada componente en la escala de degradación propuesta en este estudio. La degradación expresada en porcentaje, en el cuadro de resultado general (Cuadro 57), sirve para hacer una comparación entre los diferentes componentes y además se puede obtener el porcentaje de la degradación general de la microcuenca haciendo un promedio de los porcentajes de los componentes.

Las limitación de esta metodología corresponden principalmente en que se tiene que partir de información básica de la zona. En donde se encuentran datos sobre erosión, fotografías aéreas, datos sobre censo poblacional, número de productores de la zona y otros datos. En el estudio de caso realizado, no se pudo aplicar la variable Contaminación de agua, ya que para esto se necesitaban datos de estudios realizados sobre la presencia de coliformes fecales, estudio que no existía en la microcuenca. Por lo tanto, la zona que se escoja para aplicar la metodología deberá tener información disponible al alcance del investigador. No obstante, se tiene la ventaja que es una metodología fácil de usar, no requiere de altos costos, y es muy práctica y sencilla en su aplicación.

De los resultados que se obtuvieron en la aplicación, el componente económico se ubica en la categoría alta degradación, mientras que el componente social y el biofísico se ubican en la categoría de media degradación. Estos componentes están profundamente ligados, veamos: la tasa de desempleo es alta, los salarios muy bajos, y el precio de adquisición de tierra es muy alto, por lo tanto, la gente busca trabajo en las ciudades aledañas, no les importa tanto la educación sino más bien obtener un trabajo para su subsistencia, y se establecen en la ribera de los ríos ya que las tierras que no son vulnerables a inundaciones tienen un costo muy elevado. Al mismo tiempo, como la coordinación entre instituciones es muy baja, los productores no reciben capacitación en obras de conservación de suelo, y los planes de manejo existentes se ejecutan en forma lenta, lo cual no muestra resultados notorios. Sumado a esto, no existen programas de rescate en la zona, en caso que sucediera la amenaza de un evento.

La poca accesibilidad a la compra de tierras obliga a la gente a buscar como cultivar en zonas no aptas para la agricultura, ocasionando el avance de la agricultura migratoria y el sobrepastoreo. Así, la deforestación ha ido en aumento, lo mismo que el área de suelos descubiertos propiciando la erosión hídrica. La calidad del agua se ve afectada sobre todo por la falta de concientización de la comunidad en materia de tratamiento del agua.

3.5 Conclusiones

Con este estudio se pretende elaborar una metodología sencilla que permita la estimación de la degradación en una cuenca, pudiendo ser aplicada también a una microcuenca o subcuenca.

3.5.1 Conclusiones sobre el planteamiento de la metodología propuesta

1. Es necesario obtener promedios por variable, y promedios por factores para obtener al final los promedios por componente, y así ubicar a cada componente en una escala de degradación que permita definir las pautas para lidiar con esa degradación.

2. La degradación existente en % nos permite hacer una comparación entre los diferentes componentes estudiados, y saber cual de ellos es el que causa mayor degradación en la zona.
3. Los factores y variables empleadas en esta metodología pueden ser cambiantes dependiendo de la cuenca en la que se pretende aplicarla. Algunas variables no serán representativas para estimar la degradación de la zona, en ese caso, se debe obviar aplicarla.
4. Esta metodología debe incluir varios tipos de información, que incluye datos geo-referenciados, variables, indicadores, estadísticas, y análisis biofísico de la zona. La extensión y aplicación de un conjunto de variables para la toma de decisiones para el buen manejo de la cuenca, dependerá del avance del proceso de intercambio entre productores y personas encargadas de poner en marcha esta metodología.
5. Este proceso requiere no solo de un intercambio de información y un proceso abierto de modulación, sino también de un delicado balance acerca de la validez científica, la aceptabilidad política y la factibilidad económica y técnica para el desarrollo y uso de esta metodología.

3.5.2 Conclusiones sobre la aplicación de la metodología propuesta

1. La microcuenca Los Naranjos, además de poseer belleza escénica, también ofrece a los pobladores recursos naturales que proteger, sin embargo, según el estudio, está ubicada en la categoría degradación media (52%), como consecuencia de factores sociales y económicos.
2. Observando el componente biofísico se resume que hay mas degradación en la variable tratamiento de agua para consumo humano, debido a que el agua que reciben los pobladores de la microcuenca no recibe ningún tipo de tratamiento. Sin embargo, la variable carestía de agua tiene un índice muy bajo, ya que hay disponibilidad de agua todo el año.
3. El factor salud se ve afectada por la variable Programas de rescate, esto se debe a que no hay ningún programa para capacitaciones de rescate en caso de desastres naturales a nivel local, y si lo hubiera a nivel regional, la comunidad no esta enterada de esto. Pero la variable que presenta una evaluación más alta lo que la

hace más degradada, es la variable Presencia institucional, en donde la asistencia técnica a productores y la coordinación interinstitucional no funcionan, o aún no se establece un buen tipo de manejo en estas dos variables.

4. La variable que menos se ve afectada en lo social, es Accesibilidad a escuelas, ya que en la zona hay varios colegios, inclusive uno técnico, y igualmente escuelas primarias.
5. A pesar que hay suficientes escuelas y colegios en la zona, la variable Analfabetismo presenta un nivel alto, por lo cual se deduce que muy pocas personas con educación universitaria que habitan la zona, lo cual es importante para el desarrollo de un pueblo. Por otro lado, los factores que se encuentran en termino medio de degradación son Salud y Asentamientos humanos, lo cual implica una lenta degradación dentro de estos campos. En general, el componente social se ubica en la escala de degradación media.
6. El factor Renta/Ingresos sufre la mayor degradación, esto debido a que la tasa de desempleo es muy alta, y el precio de adquisición de tierras muy elevado. Lo cual significa que el acceso a poseer tierra propia en esta zona es muy bajo. Otro factor que esta muy cerca de producir degradación en la microcuenca es Turismo, el pobre manejo que se le da al turismo causa desorden y contaminación en la microcuenca.
7. También el factor Fuentes de empleo, ya que no hay en la zona una agroindustria que se dedique a emplear mano de obra, y gran parte de la población tiene que movilizarse hacia otras ciudades para poder trabajar. Por otro lado, el factor que se encuentra en menor estado de degradación es Infraestructura, ya que la mayoría de casas y edificaciones están construidos con materiales de buena calidad, hay una excelente accesibilidad al sitio desde cualquiera de las principales ciudades del país y la cobertura y abastecimiento hidroeléctrico es muy bueno.
8. Se necesita sensible capacidad de respuesta del estado y municipalidad hacia esta zona, la asistencia técnica es muy escasa, y la coordinación entre instituciones muy pobre.

3.6 Recomendaciones

De la aplicación de la metodología en la microcuenca Los Naranjos se pueden dar las siguientes recomendaciones:

1. Se debe promover más la cooperación entre sector público y las comunidades que integran la microcuenca ya que la gestión ambiental y el ordenamiento territorial es asunto del Estado y comunidades. Esto no incluye solo las oficinas ubicadas en el núcleo de la microcuenca, sino también a nivel central, además de las municipales. Con esto se pretende facilitar y concordar las acciones a corto, mediano y largo plazo entabladas entre ellos, así como otras organizaciones presentes en la zona: ONG's empresas, centros educativos, y agrupaciones comunales.
2. Otro factor que se busca es reducir la degradación de la zona. Para esto, de deben ejecutar programas descentralizados para la recuperación de ecosistemas y unidades de conservación degradadas en zonas estratégicas que incluyan las cuencas hidrográficas, identificadas como críticas, zonas de riesgo que afectaran los conglomerados poblacionales, caminos y carreteras, y otra infraestructura.
3. Para lograr una integración total y verdadera de la comunidad en la gestión ambiental, es necesario que el sistema educativo, incluya el tema ambiental orientado a cambiar actitudes y promover la aceptación y aplicación de las proposiciones para el buen manejo de la microcuenca.
4. Fomentar la elaboración y activar la ejecución de los planes de manejo integral de los bosques dentro y fuera de la microcuenca para su protección, así como también los planes de manejo de los parques nacionales.
5. Desarrollar programas de capacitación práctica, ya sea en obras de conservación de suelo, o para mejorar la producción agrícola, como la implementación de la agricultura orgánica, que viene a retardar la degradación del ambiente. Esto debe ser tanto para los productores como para los educadores de escuelas y colegios de la zona.

6. Promover campañas de concientización ambiental aplicadas a las comunidades a nivel de municipalidades en áreas ambientalmente estratégicas, empresa privada, promotores sociales, y a los entes políticos.
7. Según la cuenca en la cual se desea aplicar esta metodología, el investigador encargado de aplicarla podrá ponderar cada componente dándole más peso al que considere afecta en mayor grado a la cuenca en estudio.

3.7 Literatura citada

CEIT (Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Libro electrónico). Glosario (en línea). Consultado el 22 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/Glosario.html#coliforme>.

Cifuentes, M.; De Faria, H.; Izurieta, A. 2000. Medición de la efectividad del manejo de áreas protegidas. Serie Técnica No. 2. WWF / GTZ / UICN. Turrialba, Costa Rica. 105 p.

Espinoza, N.; Vernooy, R. 1998. Las 15 microcuencas del río Calico, San Dionisio, Matagalpa: Mapeo y análisis participativo de los recursos naturales. Proyecto Laderas, CIAT. 99 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para al Agricultura y la Alimentación). 2000. Prioridades regionales; Desarrollo Rural, Tenencia de la Tierra en Honduras (en línea). Consultado el 22 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/prior/desrural/derprop/tenenhon.htm>

Gámez , J. 1999. Parque Nacional Montaña de Comayagua, un paraíso a conservar (en línea). La Prensa, Honduras. Consultado el 20 de Octubre de 2001. Disponible en <http://www.laprensahn.com/socarc/9910/s16001.htm>

Holmberg, J. 1995. Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability. Institute of Physical Resource Theory, Goteborg, Suecia.

Müller, S.; Núñez, J.; Ramírez, L., 1998. Indicadores para el uso de la tierra: El caso de la cuenca del río Reventado, Costa Rica. Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales. IICA, BMZ / GTZ. 58 p.

Nava, A. R., 1999. Uso del suelo y degradación ambiental en zonas rurales (en línea). Consultado el 29 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/99/0299rastro.html#5>

OEA (Organización de Estados Americanos). 1991. Reducción de vulnerabilidad. Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Washington, D. C. (en línea). Consultado el 22 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea57s/ch007.htm#>

RISDE (Red de Información en suelos y Lucha contra la desertificación). 2001 (en línea). Consultado el 22 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.semarnap.gob.mx/ssrn/risde/antcdnts.html#consecuencias>

Robles, T.; Luna, R. 1999. Elaboración de indicadores para proyectos ambientales. PROARCA/CAPAS/USAID. 45 p.

SERNA (Secretaria de Recursos Naturales y el Ambiente). 1997. Perfil Ambiental de Honduras 1997. 222 p.

USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional).1999. Manejo de las cuencas hidrográficas para la reconstrucción después de los huracanes y reducción de la vulnerabilidad ante los desastres naturales. Grupo Consultivo para la Reconstrucción y Transformación de América Central. Estocolmo, Suecia. 36 p.

Zapata, J. B; Ferrán, F.; Faustino, J. 1993. Propuesta Para el manejo Sostenible de la Cuenca del Lago de Yojoa. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales: área de manejo de cuencas. CATIE, Turrialba. 58 p.

IV. METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA VULNERABILIDAD A DESASTRES NATURALES; APLICACIÓN EN LA MICROCUENCA LOS NARANJOS

4.1 Introducción

Los desastres naturales, como el ocasionado por el huracán Mitch, causan destrucción, se pierden años de avances en el desarrollo, se deben imponer nuevas demandas a las sociedades y generar cambios en las prioridades del desarrollo, con consecuencias a largo plazo. En el caso de Mitch, los daños fueron abrumadores: pérdidas de más de 11.000 vidas, millones de personas sin hogar, cosechas destruidas, cientos de miles de hectáreas de tierras agrícolas altamente productivas perdidas o degradadas, infraestructura social y económica principal destruida, comunidades enteras barridas por las aguas, y las pérdidas económicas a causa de la interrupción de la producción agrícola e industrial de cerca de 5 millones de dólares (USAID, 1999). Aún así, se ha ignorado la relación causa-efecto entre los desastres naturales y el desarrollo económico y social, y estos fenómenos, en general, han sido considerados en el marco de la respuesta puntual a la urgencia y emergencia.

El desastre implica dos elementos básicos: hace relación a un daño brusco o súbito, con muertes y alteraciones físicas, mentales o sociales en una población y se requiere ayuda especial y externa al lugar y la comunidad afectada.

La capacidad para enfrentar el desastre radica en el grado de desarrollo social, tecnológico y económico de la población o comunidad afectada. A mayor desarrollo, la experiencia indica que hay menos posibilidad de desastre o, si sucede, sus consecuencias serán menos graves en la población. Dependiendo del grado de progreso tecnológico y desarrollo, es perfectamente evitable la destrucción de comunidades sujetas a riesgo de catástrofe o atenuar el impacto de un desastre, por las posibilidades de estudiar los riesgos y la vulnerabilidad, y derivados de ellos, por el establecimiento de planes preventivos (Calderón-Ocampo, 1999).

Cuando un fenómeno natural hace vulnerable una población produciendo desastres, normalmente es porque esas poblaciones no han tomado las medidas necesarias para mitigar sus riesgos. Las comunidades deben organizarse para analizar sus condiciones de vulnerabilidad y hacer planes para controlarla. Se debe cambiar la mentalidad de resignación hacia lo inevitable de ciertos fenómenos naturales y sus consecuencias como producto de fuerzas incontroladas, por otra que permita crear condiciones sociales favorables en las cuales la actividad humana enfrente y controle los retos que le presenta la naturaleza.

Los riesgos y la vulnerabilidad no son solo frente a los desastres naturales. Una de las fuentes más frecuentes de desastres son las mismas acciones humanas, si no se toman las precauciones adecuadas: deslizamientos por desagües no controlados, carreteras sin el diseño ni infraestructura suficiente, asentamientos humanos en sitios no aptos o con materiales vulnerables. Costumbres peligrosas como mantener fuegos encendidos en sitios cerrados o almacenamientos, instalaciones eléctricas e hidráulicas anti-técnicas. En estos casos los desastres son evitables y cuando se presentan no son más que fruto de la imprevisión humana (Echeverri, 1999).

La vulnerabilidad que es una variable social, se ve afectada por las relaciones de la comunidad con su medio ambiente, por la intensificación de las actividades económicas y sociales, el mayor o menor grado de desarrollo político económico de la población, la organización social y su nivel de participación en la toma de decisiones, la cosmovisión, las creencias y mitos entre otros factores. Las poblaciones más vulnerables son las constituidas por los que podrían denominarse sectores populares: construyen sus viviendas en sitios deleznable, invaden áreas que "pertenecen" a un volcán o río, comunidades sin identidad ni cohesión, carentes de líderes, poblaciones pobres que sobre explotan la tierra, con viviendas que no cumplen condiciones de diseño o estructuras sismo resistentes (Calderón, 1999). Para Wilches-Chaux (1988) la vulnerabilidad consiste en "la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante auto ajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea, su no flexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo".

Por causa de los daños sin precedentes ocasionados a los recursos naturales y la infraestructura básica de la región, el huracán Mitch puso de relieve de manera dramática el papel indispensable que desempeña el manejo ambiental racional en el desarrollo sostenible y la mitigación de los efectos de los desastres naturales, así como los vínculos entre la pobreza y la vulnerabilidad a los desastres naturales. Tomando en cuenta, la presencia recurrente de desastres naturales en las cuencas hidrográficas de Centro América y la poca disponibilidad de metodologías de determinación de vulnerabilidad a desastres naturales de estas áreas geográficas, se propone formular un enfoque metodológico específico para determinar la vulnerabilidad a desastres naturales.

Para lograr esto, se emplean los diez tipos de vulnerabilidad expuesto por Wilches-Chaux (1988), quien además se refiere a una alta vulnerabilidad en los niveles donde la pobreza impera, causada principalmente por la falta de autonomía y condiciones de dependencia. Por otro lado, la falta de una conciencia o cálculo adecuado en cuanto a los niveles de amenaza y riesgo existente, la falta de adecuadas normas o controles sobre la construcción, regulaciones sobre el uso del suelo, o la falta de aplicación de estos, sitúa en una condición de alta vulnerabilidad a las sociedades más acomodadas. El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad de una cuenca ante los desastres naturales, refiriéndose específicamente a fenómenos hidrometeorológicos.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1. Procedimiento metodológico

En la realización de este estudio se desarrollaron las siguientes etapas metodológicas:

4.2.1.1 Recopilación de información, evaluación, y selección de la misma

La línea base para iniciar el planteamiento metodológico fue realizar una revisión bibliográfica referente a la elaboración de metodologías e información sobre selección de criterios, indicadores o variables para evaluar la vulnerabilidad a desastres naturales. En este caso, se usaron las siguientes fuentes:

- Metodología para medir la efectividad de manejo en áreas protegidas (Cifuentes *et al.*, 2000).
- Elaboración de indicadores para proyectos ambientales (Robles y Luna, 1999).
- Indicadores para el uso de la tierra: El caso de la cuenca del río Reventado, Costa Rica (Müller *et al.*, 1998).
- La vulnerabilidad global (Wilches-Chaux, 1988).
- Reducción de la vulnerabilidad a inundaciones (OEA, 1995).
- Mitigación de riesgos, gestión ambiental, y desarrollo sostenible (Sarmiento, 1996).
- Peligros ambientales naturales (Burton, 1999).

4.2.1.2 Selección de variables para estimar la vulnerabilidad a desastres naturales en una cuenca

Según Müller *et al.* (1998), los indicadores deben mostrar las siguientes cualidades para poder cumplir su función:

- Deben ser sensibles a los cambios del sistema; es decir, si el sistema pasa por un proceso de degradación, los indicadores deben reflejar este cambio rápidamente.
- Deben dar una explicación significativa con respecto a la degradación de la cuenca bajo análisis.

- Deben ser relativamente fáciles de medir y su definición debe ser eficiente desde un punto de vista de costos.
- Debe ser posible repetir las mediciones a lo largo del tiempo.

En el caso del ambiente, no es suficiente establecer un listado de variables, sino que se requiere establecer el tipo de relación y dependencia entre variables (asociación, influencia o casualidad), así como el valor de las mismas (significado o ponderación). Los indicadores son señales, signos, manifestaciones, muestras o marcas de algún suceso, acontecimiento o proceso; que ponen en evidencia la magnitud o intensidad de un problema o el grado de impacto alcanzado (Robles y Luna, 1999).

Luego de esta explicación conceptual de indicador, se definieron los indicadores y/o variables utilizados en la metodología propuesta. Se han asignado varios indicadores para los diez tipos de vulnerabilidad. Las diferentes variables utilizadas en esta metodología son el producto obtenido de una revisión bibliográfica exhaustiva, además de la experiencia profesional propia durante los años de laborar en el sector ambiental y con la participación de expertos, los cuales dan su punto de vista al respecto.

Para definir los valores numéricos de la escala de vulnerabilidad se basó en la revisión de literatura referente al tema de estudio como también en la consulta a expertos para tener una base sólida en la cual establecer los indicadores. Durante la selección de indicadores se consultó a varios expertos, entre ellos: un experto en extensión comunitaria para las variables de la vulnerabilidad social, ideológica, y cultural; una especialista en manejo de cuencas y un biólogo para las variables de la vulnerabilidad física, ecológica, y técnica; un economista para las variables de la vulnerabilidad económica, institucional, y política; y dos maestros de educación media para las variables de la vulnerabilidad educativa. También se contó con la opinión del comité asesor para la elaboración de la selección de variables, todas estas personas dieron un aporte fundamental en la aplicación de los indicadores en la zona. Las variables seleccionadas con sus correspondientes indicadores aparecen en el Cuadro 58, presentado a continuación:

Cuadro 58. Variables e indicadores usados para la estimación de la vulnerabilidad a desastres naturales

Tipo de vulnerabilidad	Variable	Indicador
Física	Asentamientos humanos en laderas	Número de casas en laderas
	Asentamientos humanos en ribera de ríos	Número de casas en ribera de ríos
	Resistencia de estructuras físicas	Viviendas construidas con materiales resistentes (%).
Social	Instituciones presentes en la zona	Número de instituciones presentes en la zona
	Coordinación interinstitucional	Metas cumplidas (%)
	Campañas de salud	Número de campañas por año
Ecológica	Agricultura migratoria	Área con agricultura sin obras de conservación de suelos (%)
	Deforestación	Área deforestada (%)
	Erosión hídrica	Tipo de erosión
Económica	Poder adquisitivo de tierras	Capacidad de compra de acuerdo a ingresos
	Acceso a servicios públicos	Población con acceso a servicios públicos (%)
	Desempleo	Desempleo en la zona (%)
Política	Liderazgo de la comunidad en toma de decisiones	Población que identifica a los líderes comunales (%)
	Apoyo del Estado en proyectos comunales	Apoyo a proyectos comunales (%)
	Apoyo de partidos políticos en proyectos comunales	Apoyo a proyectos comunales (%)
Técnica	Presencia de equipo y obras para mitigar o prevenir desastres	Equipo y obras presentes en la áreas vulnerables (%)
	Tecnología de construcción en zonas de riesgo	Estructuras físicas con técnicas de construcción (%)
Ideológica	Reacción de la comunidad ante un desastre natural	Población pasiva ante un desastre natural (%)
	Reacción de la comunidad ante la amenaza de un evento	Población dispuesta a colaborar (%)
Cultural	Integración de etnias a proyectos comunales	Etnias presentes en proyectos comunales (%)
	Participación de medios de comunicación	Apoyo a la comunidad (%)
Educativa	Programas de educación ambiental	Número de charlas al año
	Programas radiales de información	Número de programas de información radial por día.
	Asistencia técnica a productores	Productores capacitados por año (%)
Institucional	Planes de contingencia	Planes ejecutados (%)
	Capacitación a personal técnico	Técnicos capacitados por año (%)

4.2.1.3 Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad a desastres naturales en una cuenca

Se desarrolló una matriz con el fin de obtener la información necesaria para saber el grado de vulnerabilidad de una cuenca. Para ello se utilizó una escala de cinco índices posibles de caracterización para cada indicador utilizado. Esta escala tiene la correspondencia siguiente:

Cuadro 59. Caracterización e índices de vulnerabilidad

Caracterización	Índice de caracterización
Muy alta	4
Alta	3
Media	2
Baja	1
Muy baja o nula	0

Se parte de la premisa que entre mayor es el índice del indicador correspondiente, mayor es el grado de vulnerabilidad de la cuenca. A continuación se presentan en cuadros sucesivos, los indicadores e índices correspondientes para cada variable considerada por cada tipo de vulnerabilidad.

- **Vulnerabilidad Física**

Cuadro 60. Ponderación de la variable: Asentamientos humanos en laderas

No. de casas en laderas	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
> 35	Muy alta	4
26-35	Alta	3
16-25	Media	2
6-15	Baja	1
< 5	Muy baja	0

Cuadro 61. Ponderación de la variable: Asentamientos humanos en ribera de ríos

No. de casas en ribera de ríos	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
> 35	Muy alta	4
26-35	Alta	3
16-25	Media	2
6-15	Baja	1
< de 5	Muy baja	0

Cuadro 62. Ponderación de la variable: Resistencia de estructuras físicas

Porcentaje de viviendas construidas con materiales resistentes	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy Alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Social**

Cuadro 63. Ponderación de la variable: Instituciones presentes en la zona

No. de instituciones presentes en la zona	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0	Muy Alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
> 4	Muy baja	0

Cuadro 64. Ponderación de la variable: Coordinación interinstitucional

Porcentaje de metas cumplidas	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-20 %	Muy Alta	4
20-40 %	Alta	3
40-60 %	Media	2
60-80 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

Cuadro 65. Ponderación de la variable: Campañas de salud

No. de campañas por año	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
>= 4	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Ecológica**

Cuadro 66. Ponderación de la variable: Agricultura migratoria

Porcentaje del área con agricultura sin conservación de suelos	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
40-100 %	Muy alta	4
30-40 %	Alta	3
20-30 %	Media	2
10-20 %	Baja	1
0-10 %	Muy baja	0

Cuadro 67. Ponderación de la variable: Deforestación

Porcentaje de área deforestada	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
40-100 %	Muy alta	4
30-40 %	Alta	3
20-30 %	Media	2
10-20 %	Baja	1
0-10 %	Muy baja	0

Cuadro 68. Ponderación de la variable: Erosión hídrica

Tipo de erosión	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
Cárcavas profundas y/o densas	Muy alta	4
Erosión laminar y/o fuerte, cárcavas incipientes	Alta	3
Erosión laminar y/o surcos moderada	Media	2
Erosión laminar y/o surcos ligera	Baja	1
Sin evidencias de erosión	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Económica**

Cuadro 69. Ponderación de la variable: poder adquisitivo de tierras

Capacidad de compra de acuerdo a ingresos	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
Lps. 800-2. 500	Muy alta	4
Lps. 2.500-4.000	Alta	3
Lps. 4.000-6.000	Media	2
Lps. 6.000-8.000	Baja	1
> Lps. 8.000	Muy baja	0

Cuadro 70. Ponderación de la variable: Acceso a servicios públicos

Porcentaje de la población con acceso a servicios públicos	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy Alta	4
20-39 %	Baja	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

Cuadro 71. Ponderación de la variable: Desempleo

Porcentaje de desempleo en la zona	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
>= 20 %	Muy alta	4
15-19 %	Alta	3
10-14 %	Media	2
5-9 %	Baja	1
0-4 %	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Política**

Cuadro 72. Ponderación de la variable: Liderazgo en la comunidad para la toma de decisiones

Porcentaje de la población que identifica a líderes comunales	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

Cuadro 73. Ponderación de la variable: Apoyo del Estado en proyectos comunales

Porcentaje del apoyo a proyectos comunales	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80- 100 %	Muy baja	0

Cuadro 74. Ponderación de la variable: Apoyo de partidos políticos en proyectos comunales

Porcentaje del apoyo a proyectos comunales	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Técnica**

Cuadro 75. Ponderación de la variable: Presencia de equipo y obras para mitigar o prevenir desastres naturales

Porcentaje del equipo y obras presentes en áreas vulnerables	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy Alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

Cuadro 76. Ponderación de la variable: Tecnología de construcción en zonas de riesgo

Porcentaje de estructuras físicas con técnicas de construcción	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy Alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad ideológica**

Cuadro 77. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante un desastre natural

Porcentaje de la población que es pasiva ante un desastre	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
> 40 %	Muy alta	4
30-40 %	Alta	3
20-30 %	Media	2
10-20 %	Baja	1
0-10 %	Muy baja	0

Cuadro 78. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante la amenaza de un evento

Porcentaje de la población dispuesta a colaborar	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy Alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Cultural**

Cuadro 79. Ponderación de la variable: Integración de etnias a proyectos comunales

Porcentaje de etnias presentes en proyectos comunales	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

Cuadro 80. Ponderación de la variable: Participación de medios de comunicación

Porcentaje de apoyo a la comunidad	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-19 %	Muy alta	4
20-39 %	Alta	3
40-59 %	Media	2
60-79 %	Baja	1
80-100 %	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Educativa**

Cuadro 81. Ponderación de la variable: Programas de educación ambiental

No. de charlas al año	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
> 4	Muy baja	0

Cuadro 82. Ponderación de la variable: Programas radiales de información

No. de programas de información radial por día	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	4
1	Alta	3
2	Media	2
3	Baja	1
>= 4	Muy baja	0

Cuadro 83. Ponderación de la variable: Asistencia técnica a productores

Porcentaje de productores capacitados por año	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
0-20 %	Muy alta	4
21-40 %	Alta	3
41-60 %	Media	2
61-80 %	Baja	1
81-100 %	Muy baja	0

- **Vulnerabilidad Institucional**

Cuadro 84. Ponderación de la variable: Planes de contingencia

Porcentaje de los planes ejecutados	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-20 %	Muy alta	4
21-40 %	Alta	3
41-60 %	Media	2
61-80 %	Baja	1
81-100 %	Muy baja	0

Cuadro 85. Ponderación de la variable: Capacitación del personal técnico

Porcentaje de técnicos capacitados por año	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
0-20 %	Muy Alta	4
21-40 %	Alta	3
41-60 %	Media	2
61-80 %	Baja	1
81-100 %	Muy baja	0

4.2.1.3.1 Evaluación de los datos para estimación de la vulnerabilidad de la cuenca

Para obtener el grado de vulnerabilidad de la cuenca se procede de la siguiente manera: Se calcula la vulnerabilidad para cada tipo de ellas como se detalla a continuación:

- Se suman los valores de los índices de calificación correspondientes a cada una de las variables o indicadores considerados. Si existe más de una fuente de información (entrevistas, expertos, etc.) primero se debe promediar el índice según ese número de fuente de información.
- El valor resultante se divide entre el número total de índices (variables o indicadores) para obtener un índice promedio.
- El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice y se multiplica por cien para obtener el nivel de vulnerabilidad en porcentaje de la cuenca para cada tipo de vulnerabilidad correspondiente.
- Luego este porcentaje se compara con la escala de índice de vulnerabilidad según la correspondencia siguiente:

Cuadro 86. Escala de índices de vulnerabilidad

Porcentaje de vulnerabilidad	Vulnerabilidad de la cuenca
0-19.9	Muy baja
20-39.9	Baja
40-59.9	Media
60-79.9	Alta
80-100	Muy alta

e. Así por ejemplo, si el porcentaje de vulnerabilidad para el tipo social es 55%, le corresponde una valoración de vulnerabilidad media.

f. Si se quiere, se puede hacer el cálculo integral, sin separar en tipos de vulnerabilidad, y obtener entonces la vulnerabilidad global en porcentaje de la cuenca, tal y como se muestra en el cuadro 88. Para ello, se suman los índices promedio de cada tipo de vulnerabilidad y se promedian, este resultado se divide entre el valor máximo posible y se multiplica por cien.

Es necesario señalar que todos los indicadores utilizados en esta metodología tienen el mismo peso de ponderación, ya que todos interactúan y tienen relación entre sí, por lo que están considerados como de igual valor al momento de su aplicación en el área seleccionada.

4.2.1.3.2 Ejemplo de aplicación de la metodología

A continuación se presenta un ejemplo de la evaluación de una cuenca usando la metodología propuesta.

Se aplicó la escala de vulnerabilidad en toda la cuenca X. Para cada tipo de vulnerabilidad se usó un número determinado de variables como se detalla a continuación:

- Vulnerabilidad física = tres variables
- Vulnerabilidad social = tres variables
- Vulnerabilidad ecológica = tres variables
- Vulnerabilidad económica = tres variables
- Vulnerabilidad política = tres variables

- Vulnerabilidad técnica = dos variables
- Vulnerabilidad ideológica = dos variables
- Vulnerabilidad cultural = dos variables
- Vulnerabilidad educativa = tres variables
- Vulnerabilidad institucional = dos variables

Cuadro 87. Evaluación de la vulnerabilidad física

Variable	Promedio por variable
Asentamientos humanos en laderas	3
Asentamientos humanos en riberas	4
Resistencia de estructuras físicas	3
Total	10
Promedio	3.3

Se asumen valores hipotéticos para los componentes social y económico en el cuadro de resultado general (cuadro 88).

Cuadro 88. Resultado general de la evaluación de la vulnerabilidad de la cuenca

Tipo de vulnerabilidad	Promedio por vulnerabilidad	Total máximo posible	Vulnerabilidad existente (%)
Física	3,3	4	82
Social	2,2	4	55
Ecológica	3,0	4	75
Económica	3,2	4	80
Política	3,3	4	82
Técnica	2,6	4	65
Ideológica	1,5	4	38
Cultural	1,0	4	25
Educativa	1,6	4	40
Institucional	1,5	4	38
Vulnerabilidad Global	2,32	4	58

En este ejemplo se observa que la cuenca tiene mayor vulnerabilidad en la parte física y política, ya sea porque hay muchas casas cerca de la ribera de los ríos (vulnerabilidad física), y porque no tienen apoyo político, ni proyección a nivel nacional, ambas se ubican en la calificación de “Muy alta” vulnerabilidad. También observamos que las vulnerabilidades ecológica, y técnica se ubican en la calificación “Alta” vulnerabilidad. En general, la cuenca se ubica en la calificación de vulnerabilidad “Media”.

4.2.2 Aplicación de la metodología

En esta etapa se aplica la metodología propuesta para estimar la vulnerabilidad a desastres naturales, a la microcuenca Los Naranjos, ubicada en la subcuenca Santa Cruz de Yojoa, que es parte de la cuenca del Lago de Yojoa.

4.2.2.1 Descripción del área de estudio

La cuenca del Lago de Yojoa cuenta con siete subcuencas, de las cuales se escogió trabajar en la subcuenca de Santa Cruz de Yojoa y específicamente en la microcuenca Los Naranjos porque tiene problemas de inundación en la temporada de invierno. La cuenca del lago tiene una superficie de 337 km² sin contar el espejo acuático. Ciertos usos de la tierra y actividades industriales son responsables de la contaminación y de los altos niveles de sedimentación en los ríos y quebradas. El alcantarillado descarga, sin tratamiento alguno, directamente en la quebrada. Las prácticas agrícolas intensivas y la resultante destrucción del bosque contribuyen a la carga de sedimentos y al régimen irregular de los ríos. El potencial de inundaciones es alto durante el período de lluvias en la microcuenca Los Naranjos. Esta microcuenca cuenta con un área aproximada de 842 has.

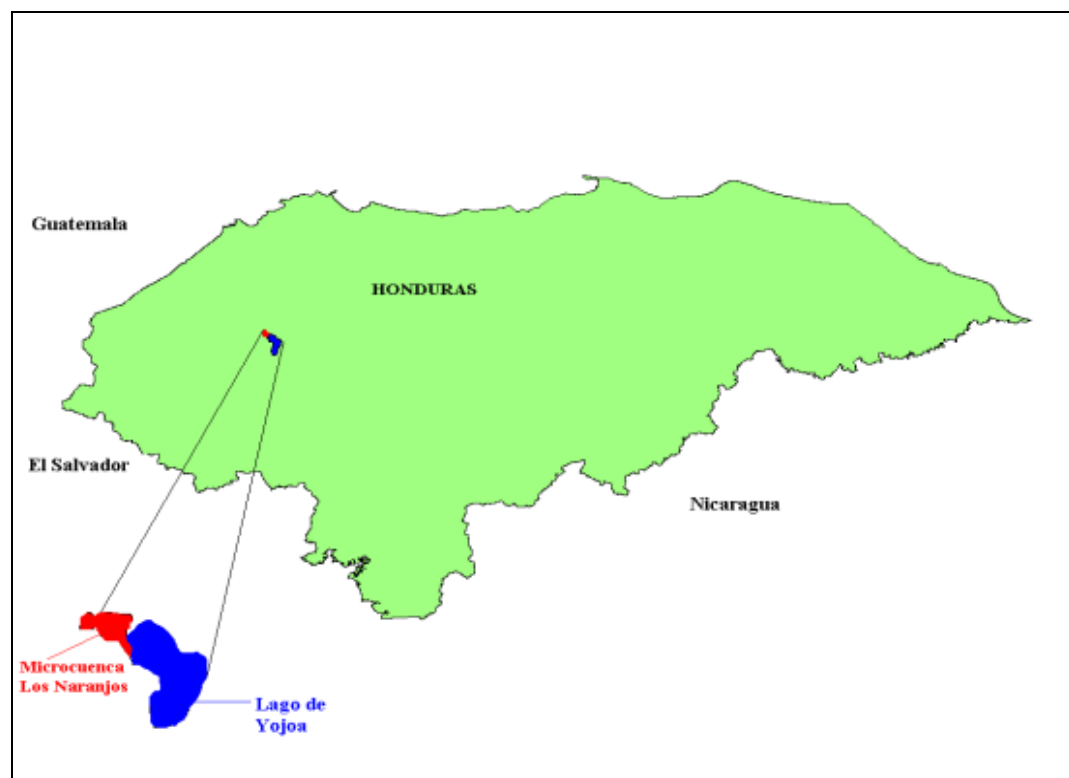


Figura 3. Mapa de Ubicación del Lago de Yojoa y microcuenca Los Naranjos

En cuanto a la topografía, en el sector norte de la cuenca el terreno es plano y poco ondulado. Al noroeste, entre los cerros El Hoyo y La Guama, al sureste en las regiones contiguas a Varsovia y al oeste en Los Naranjos el terreno es ondulado. En las zonas más alejadas de las orillas del lago, al este, oeste y sur, la topografía varía de ondulada a montañosa, como en el caso del Cerro Santa Bárbara (2744 msnm).

Con respecto al uso de la tierra, el drenaje es moderado a lento y tiene una capacidad favorable para la retención de agua, razón por la cual estas áreas son utilizadas para cultivar maíz, caña, árboles frutales y plantas ornamentales. Las áreas de mal drenaje son utilizadas para pastos. En las áreas de mayor desarrollo de los suelos, la textura es arcillosa, el drenaje es lento y buena la capacidad de retención de agua. Dichos suelos son utilizados para plantaciones de café (en laderas de menor declive) y para cultivos de frijol, maíz, yuca y frutales en las laderas de mayor pendiente. Los pastos están ampliamente distribuidos sobre estos suelos y los bosques se limitan a las áreas con fuertes pendientes o inaccesibles.

4.2.2.2 Reconocimiento de campo del área de estudio y recopilación de información

Se visitó en primera instancia la municipalidad de Santa Cruz de Yojoa, que fue la subcuenca escogida para aplicar la metodología planteada. Luego de analizar diferentes microcuencas con el encargado de la Unidad Municipal Ambiental (UMA), se llegó a la decisión de aplicar la metodología en la microcuenca Los Naranjos, ya que esta zona sufre de inundaciones durante el invierno. Luego de visitar la municipalidad se prosiguió con el recorrido de la microcuenca, lo que incluyó a las comunidades que se encuentran dentro de la zona, las cuales son Peña Blanca y Los Naranjos, visitas a productores líderes, técnicos de instituciones públicas, y a la Asociación de Municipios para la Protección del Lago (AMUPROLAGO), a fin de hacer los contactos necesarios y tener una visión inicial del estado de la microcuenca y su problemática. Para lograr esto se debió visitar instituciones públicas y privadas que están dentro de la microcuenca los cuales tienen vínculos con el manejo de la cuenca del lago de Yojoa y a nivel nacional:

- Instituto Hondureño del Café (IHCAFE)
- Administración Forestal del Estado (AFE-COHDEFOR)
- Municipalidad de Santa Cruz de Yojoa
- Asociación de Municipalidades para la Protección del Lago de Yojoa (AMUPROLAGO),
- Instituto Geográfico Nacional (IGN)

Asimismo, cuentan con información que permitió definir la línea base para el estudio. Además de bibliografía, se requirió adquirir hojas cartográficas del sitio, mapas de uso actual del suelo, y fotografías aéreas de años pasados.

4.2.2.3 Análisis del estado actual de la cuenca con base en la información recopilada y aplicación de la escala de vulnerabilidad

En esta etapa se analizó el estado actual de la microcuenca utilizando la información recopilada, por ejemplo: mapas y fotografías aéreas, y datos sobre la población de la microcuenca. Para la estimación de la vulnerabilidad se tomó como referencia los diez tipos de vulnerabilidad presentados por Wilches-Chaux (1988). Se hizo un análisis breve como parte del recorrido de la zona, esto sirvió para visualizar el estado biofísico de la microcuenca y hacer un diagnóstico de los recursos disponibles en la microcuenca de estudio para luego plantear el siguiente paso que es la determinación de los indicadores y/o variables a evaluar, y aplicación de la escala. Usando el sistema de información geográfico, se obtuvo que la microcuenca los Naranjos con 842 has. tiene el uso actual del suelo mostrado en el cuadro 89, y en la figura 5 :

Cuadro 89. Uso actual del suelo de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Uso actual del suelo	Área en has.
Asentamientos humanos	13,16
Bosque primario	115,46
Bosque secundario	68,38
Cafetal	40,86
Canal	12,66
Caña	94,02
Cultivos anuales	40,58
Infraestructura vial	11,67
Parque nacional Santa Bárbara	186,77
Cultivos perennes	1,16
Pastos	140,66
Sistema silvopastoril	7,37
Suelos sin cobertura	5,34
Guamiles	102,31
Vegetación hidrofítica (manglar)	1,86
TOTAL	842,26

Se realizaron visitas y entrevistas destinadas a productores, técnicos de instituciones públicas y privadas, escuelas, centros de salud, y organizaciones financieras en el área de estudio para aplicar las escalas y así obtener los datos (aplicación de la escala de vulnerabilidad). Esto para verificar el funcionamiento de la metodología de estimación de vulnerabilidad a desastres naturales en la microcuenca. Estos datos de campo fueron complementados con la información secundaria obtenida durante la segunda fase de la aplicación de la metodología.

Los criterios utilizados para la selección de personas a entrevistar fue el de **informantes claves**, en el caso de técnicos en la zona, se tomó en cuenta la presencia de las instituciones en el campo de salud, agropecuario, forestal, y comunicaciones. para las cuales ellos trabajan y conocen la situación actual de la microcuenca. Así mismo con los productores se empleó la misma técnica basándose en organizaciones dentro de la microcuenca (hay una asociación cafetalera), las cuales los productores administran. También se aplicó a personas líderes dentro de las comunidades por ejemplo en: patronatos, juntas de agua, y comisiones especiales.

Los informantes claves se seleccionaron teniendo en consideración que son una muestra representativa de la población de la microcuenca donde se aplicó la metodología. Es decir, no existe un tamaño de la muestra establecido, sino que se trata de escoger a las personas que juegan un papel determinante en las actividades, proyectos, o acciones que se realizan en la microcuenca y que afectan de algún modo a toda la población que en ella habita.

4.3 Resultados

De las escalas diseñadas y aplicadas en la microcuenca Los Naranjos, se obtuvieron los datos a ser analizados para conocer el estado de la microcuenca con respecto a la vulnerabilidad existente a desastres naturales. Se realizaron 29 entrevistas, en las que se solicitó respuesta a los participantes sobre un total de 26 variables, correspondientes a los diferentes tipos de vulnerabilidad indicados. Los resultados fueron los siguientes:

4.3.1 Vulnerabilidad física

En el cuadro 90 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad física a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que las variables resistencia de estructuras físicas y asentamientos humanos en laderas son las menos vulnerables. La vulnerabilidad física se ubica exactamente en el índice de caracterización de vulnerabilidad baja. La variable que afecta más este tipo de vulnerabilidad es la variable asentamientos humanos en ribera de ríos, debido al alto número de casas ubicadas en la ribera del río.

Cuadro 90. Evaluación de la vulnerabilidad física en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Asentamientos humanos en laderas	18	0,6
Asentamientos humanos en riberas	62	2,1
Resistencia de estructuras físicas	10	0,3
Promedio		1,0

4.3.2 Vulnerabilidad social

En el cuadro 91 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad social a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que la variable coordinación interinstitucional es la más vulnerable. Las variables que son las menos vulnerables son campañas de salud y instituciones presentes en la zona. La vulnerabilidad social se encuentra ubicada en el índice de caracterización de vulnerabilidad baja, por consiguiente la situamos en esa categoría. La variable que afecta más a este tipo de vulnerabilidad es la variable coordinación interinstitucional, que la podemos ubicar en el índice de caracterización medio, le siguen la variable instituciones presentes en la zona, y para finalizar la variable campañas de salud., las dos últimas se ubican en el índice de caracterización de muy baja vulnerabilidad.

Cuadro 91. Evaluación de la vulnerabilidad social en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Instituciones presentes en la zona	22	0,8
Coordinación interinstitucional	71	2,4
Campañas de salud	20	0,7
Promedio		1,3

4.3.3 Vulnerabilidad ecológica

En el cuadro 92 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad ecológica a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que las variables agricultura migratoria y erosión hídrica están en un medio grado de vulnerabilidad, en tanto que la variable deforestación se ubica en la escala de alta vulnerabilidad. La vulnerabilidad ecológica se encuentra ubicada cerca del índice de caracterización de vulnerabilidad media, y está afectada principalmente por la variable deforestación, aunque las otras dos variables: agricultura migratoria, y erosión hídrica, se encuentran dentro de un índice de caracterización común, que corresponde al medio.

Cuadro 92. Evaluación de la vulnerabilidad ecológica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Agricultura migratoria	63	2,2
Deforestación	73	2,5
Erosión hídrica	57	2,0
Promedio		2,2

4.3.4 Vulnerabilidad económica

En el cuadro 93 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad económica a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que la variable poder adquisitivo de tierras y la variable desempleo son las que más afectan la vulnerabilidad económica. En cambio, la variable acceso a servicios públicos esta ubicada en una escala menor de vulnerabilidad. La vulnerabilidad económica se encuentra ubicada cerca del índice de caracterización alto. Por otro lado, la variable poder adquisitivo de tierra tiene un índice de caracterización que la sitúa en la categoría de vulnerabilidad muy alta, seguida por la variable desempleo que se ubica en la categoría de vulnerabilidad alta. La variable acceso a servicios públicos esta ubicada cerca del índice de caracterización de baja vulnerabilidad.

Cuadro 93. Evaluación de la vulnerabilidad económica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Poder adquisitivo de tierras	93	3,2
Acceso a servicios públicos	34	1,2
Desempleo	89	3,1
Promedio		2,5

4.3.5 Vulnerabilidad política

En el cuadro 94 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad política a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que la variable apoyo de los partidos políticos es la más vulnerable. Asimismo, se observa que la variable respuesta del Estado y municipalidad esta ubicada en la escala de

alta vulnerabilidad, y la variable nivel de liderazgo de la comunidad es la menos vulnerable. La vulnerabilidad política se encuentra ubicada en el índice de caracterización de alta vulnerabilidad, la cual es afectada principalmente por la variable apoyo de partidos políticos en proyectos comunales que tiene un índice de caracterización muy alto, seguido por la variable apoyo del Estado en proyectos comunales, y por último la que menos afecta este tipo de vulnerabilidad es la variable liderazgo de la comunidad en la toma de decisiones que se ubica en la categoría de vulnerabilidad baja.

Cuadro 94. Evaluación de la vulnerabilidad política en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Nivel de liderazgo de la comunidad	34	1,2
Respuesta del Estado y Municipalidad	80	2,8
Apoyo de partidos políticos	101	3,5
Promedio		2,5

4.3.6 Vulnerabilidad técnica

En el cuadro 95 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad técnica a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que las variables presencia de equipo y obras, y presencia de tecnología en construcciones son muy vulnerables en la cuenca. Ambas con el mismo grado de vulnerabilidad que las sitúa dentro de una misma categoría. La vulnerabilidad técnica esta situada en índice de caracterización de alta vulnerabilidad, esta afectada en igual manera por las dos variables que la conforman, la cuales se ubican en la categoría de vulnerabilidad alta.

Cuadro 95. Evaluación de la vulnerabilidad técnica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Presencia de equipo y obras	81	2,8
Presencia de tecnología en construcciones	80	2,8
Promedio		2,8

4.3.7 Vulnerabilidad ideológica

En el cuadro 96 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad ideológica a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que las variables reacción de la comunidad ante los desastres naturales está ubicada en la categoría de vulnerabilidad muy baja, en tanto que la variable iniciativa de la comunidad ante el evento está ubicada en la categoría de baja vulnerabilidad. Esta vulnerabilidad se encuentra en el índice de caracterización muy baja vulnerabilidad, las dos variables que la conforman proyectan esa tendencia de valoración.

Cuadro 96. Evaluación de la vulnerabilidad ideológica en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Reacción de la comunidad ante desastres naturales	13	0,4
Iniciativa de la comunidad ante el evento	22	0,8
Promedio		0,6

4.3.8 Vulnerabilidad cultural

En el cuadro 97 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad cultural a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos revelan que la vulnerabilidad cultural tampoco es muy alta. Así, la variable que resultó con mayor vulnerabilidad fue la cooperación y/o presencia de medios de comunicación, sin embargo, esto no es significativo. Como no existen etnias en esta microcuenca, el resultado fue muy bajo en la variable integración de etnias a proyectos comunales. La vulnerabilidad cultural se encuentra ubicada en el índice de caracterización de baja vulnerabilidad y las dos variables que fueron consideradas en este estudio, no afectan a la microcuenca.

Cuadro 97. Evaluación de la vulnerabilidad cultural en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Integración de etnias a proyectos comunales	15	0,5
Participación de medios de comunicación	30	1,0
Promedio		0,8

4.3.9 Vulnerabilidad educativa

En el cuadro 98 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad educativa a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que la variable que más sufre de vulnerabilidad es la capacitación a productores en obras de conservación de suelos. No obstante, las variables programas de educación ambiental y programas radiales de información están en una baja categoría, y la microcuenca sufre menos vulnerabilidad en estos dos aspectos. La vulnerabilidad educativa esta ubicada en el índice de caracterización de vulnerabilidad media. La variable que más afecta este tipo de vulnerabilidad es la asistencia técnica a productores, que la ubicamos en la categoría de vulnerabilidad alta. Sin embargo, las variables programas de educación ambiental, y programas radiales de información no sufren de alta vulnerabilidad.

Cuadro 98. Evaluación de la vulnerabilidad educativa en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Programas de educación ambiental	32	1,1
Programas radiales de información	12	0,4
Capacitación a productores en conservación de suelos	91	3,1
Promedio		1,6

4.3.10 Vulnerabilidad institucional

En el cuadro 99 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad institucional a desastres naturales en la microcuenca Los Naranjos. Los datos muestran que hay mucha vulnerabilidad porque la variable existencia de planes de contingencia esta en la escala de alta vulnerabilidad. La variable capacitación a técnicos es la de menos vulnerabilidad, aún así, está ubicada en la categoría de vulnerabilidad media. La vulnerabilidad institucional se encuentra ubicada en el índice de caracterización de alta vulnerabilidad, y la variable que más la afecta es planes de contingencia, seguida por la variable capacitación a personal técnico.

Cuadro 99. Evaluación de la vulnerabilidad institucional en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Variable	Total Alcanzado	Promedio por variable
Existencia planes de contingencia	109	3,8
Capacitación a técnicos	55	1,9
Promedio		2,8

4.3.11 Vulnerabilidad global

El cuadro 100 y la figura 4 se presentan los resultados correspondientes a la síntesis de todos los tipos de vulnerabilidad analizados, llamada aquí vulnerabilidad global. Para la microcuenca estudiada le corresponde un valor de 45%, lo que la ubica en la categoría de vulnerabilidad media. Se observa que el tipo de vulnerabilidad más acentuada es la Técnica junto con la Institucional, seguida por la económica y la política, que también corresponden a la categoría de alta vulnerabilidad.

La vulnerabilidad ecológica se encuentra ubicada en la categoría media junto con la educativa, y por último están la física, la social y la cultural, que se encuentran ubicadas en la categoría de baja vulnerabilidad. Así mismo, la ideológica se encuentran en la calificación de muy baja vulnerabilidad.

Cuadro 100. Resultado general de la estimación de la vulnerabilidad en la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

Tipo de Vulnerabilidad	Promedio por tipo de vulnerabilidad	Total máximo posible	Vulnerabilidad existente (%)	Valoración de la vulnerabilidad
Física	1,0	4	25	Baja
Social	1,3	4	32	Baja
Ecológica	2,2	4	55	Media
Económica	2,5	4	62	Alta
Política	2,5	4	62	Alta
Técnica	2,8	4	70	Alta
Ideológica	0,6	4	15	Muy baja
Cultural	0,8	4	20	Baja
Educativa	1,6	4	40	Media
Institucional	2,8	4	70	Alta
Vulnerabilidad Global	1,81	4	45	Media

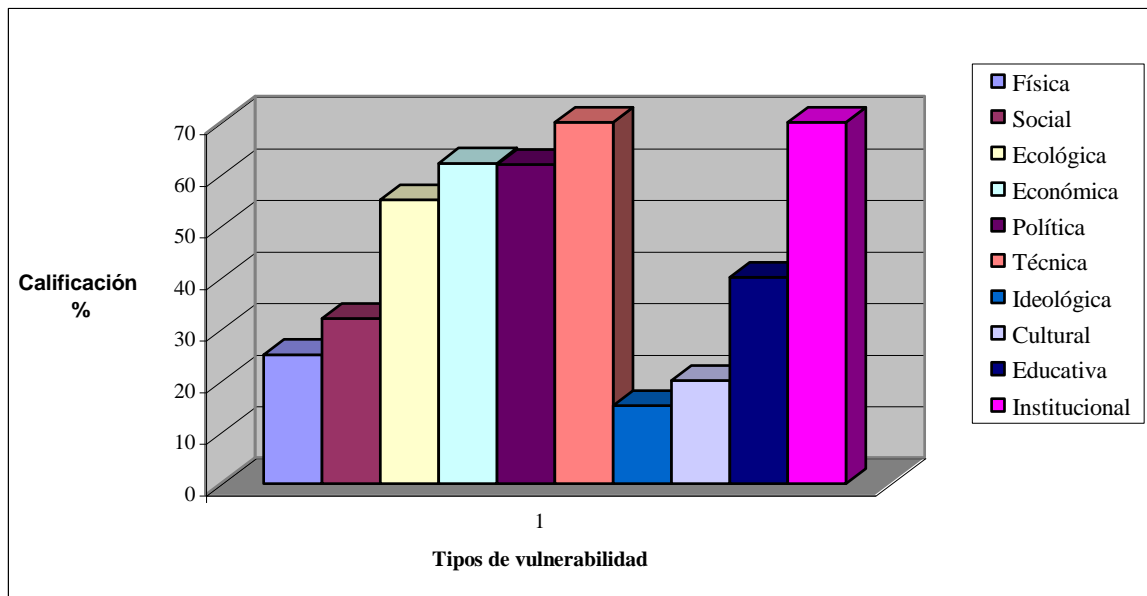


Figura 4. Resultado general de la vulnerabilidad global de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

4.4 Discusión

La metodología propuesta para estimar la vulnerabilidad en una cuenca está basada en una serie de variables obtenidas de una revisión bibliográfica, experiencia propia, y consulta a expertos. Se consideraron los diez tipos de vulnerabilidad expuestos por Wilches-Chaux (1988), ya que se considera que hacen un conjunto total en la determinación de la vulnerabilidad global. La metodología consta de dos partes, el planteamiento de la metodología en sí, y la aplicación de la misma en una microcuenca, y que además contempla el análisis de resultados.

De acuerdo a cada tipo de vulnerabilidad se utilizó un número determinado de variables debido a que se fueron descartando y al final se trabajó con las más importantes. Es por esto que los totales alcanzados, como los promedios por vulnerabilidad no son los indicados para hacer una comparación entre ellos. Más que todo, sirve para ubicar a cada tipo de vulnerabilidad en la categoría de vulnerabilidad propuesta en este estudio. La

vulnerabilidad expresada en porcentaje, en el cuadro de Resultado general (Cuadro 100), sirve para hacer una comparación entre las diferentes vulnerabilidades y además se puede obtener el porcentaje de la vulnerabilidad global de la microcuenca haciendo un promedio de los porcentajes de las diez vulnerabilidades.

Las limitación de esta metodología corresponden principalmente en que se tiene que partir de información básica de la zona. En donde se encuentran datos sobre erosión, fotografías aéreas, datos sobre censo poblacional, número de productores de la zona y otros datos. Por lo tanto, la zona que se escoja para aplicar la metodología deberá tener información disponible al alcance del investigador. No obstante, se tiene la ventaja que es una metodología fácil de usar, no requiere de altos costos, y es muy práctica y sencilla en su aplicación.

Con los datos analizados y los resultados obtenidos, podemos concluir que la vulnerabilidad global en la microcuenca Los Naranjos es de un 45%, está en la categoría de “Media Vulnerabilidad” lo que significa que es significativo el grado de vulnerabilidad a desastres naturales, en este caso de inundaciones, tiene un riesgo de desastre natural si las variables analizadas aumentan en la escala de vulnerabilidad. Por ejemplo, si la variable de coordinación interinstitucional aumentara en su escala, o sea que se dejara de planificar actividades sobre el manejo de la microcuenca por entes estatales o municipales, esto pondría en un plano más vulnerable la cuenca. Por otro lado, no se debe descuidar la vulnerabilidad educativa haciendo hincapié en la variable Capacitación en obras de conservación de suelo a productores, ya que dependiendo de esta variable el grado de vulnerabilidad de la microcuenca será menor o mayor, y por ende la vulnerabilidad aumentará o disminuirá en la zona.

Es importante mencionar que los pobladores de la zona poseen un alto grado de responsabilidad e iniciativa como lo demuestran las variables Reacción de la comunidad ante desastres naturales y la variable Iniciativa de la comunidad ante el evento, así mismo lo demuestra la variable Nivel de liderazgo de la comunidad. Si no fuera tan difícil la adquisición de tierras y la tasa de desempleo no fuera alta, la vulnerabilidad de la cuenca se

viera reducida, ya que mucha gente no estaría ubicada cerca de los ríos. La deforestación y la agricultura migratoria no avanzarían a grandes pasos, como se ha venido dando en los últimos años. Se deben implementar planes de contingencia por la institución responsable de esta actividad y así eliminar la vulnerabilidad institucional que tanto afecta esta microcuenca. La vulnerabilidad física y ecológica están en función de otras vulnerabilidades tan importantes en el análisis de un estudio, como son la institucional, la política, y la educativa, estas alteran una forma concreta la vulnerabilidad global de la zona.

4.5 Conclusiones

Con este estudio se pretende elaborar una metodología sencilla que permita la estimación de la vulnerabilidad a desastres naturales, en contexto hidrometeorológico de una cuenca, pudiendo ser aplicada también a una microcuenca o subcuenca.

4.5.1 Conclusiones sobre el planteamiento de la metodología propuesta

- Es necesario obtener los totales alcanzados, promedios por variable, y promedios por tipo de vulnerabilidad, y así ubicar a cada vulnerabilidad en una escala que permita definir las pautas para combatir esa vulnerabilidad.
- La vulnerabilidad existente en % nos permite hacer una comparación entre los diferentes tipos estudiados, y saber cual de ellos es el que causa mayor vulnerabilidad la zona.
- Las variables empleadas en esta metodología pueden ser cambiantes dependiendo de la cuenca en la que se pretende aplicarla. Algunas variables no serán representativas para estimar la vulnerabilidad zona.
- Esta metodología debe incluir varios tipos de información, que incluye datos geo-referenciados, variables, indicadores, estadísticas, y análisis biofísico de la zona. La extensión y aplicación de un conjunto de variables para la toma de decisiones para el buen manejo de la cuenca, dependerá del avance del proceso de intercambio entre productores y personas encargadas de poner en marcha esta metodología.

- Este proceso requiere no solo de un intercambio de información y un proceso abierto de modulación, sino también de un delicado balance acerca de la validez científica, la aceptabilidad política y la factibilidad económica y técnica para el desarrollo y uso de esta metodología.

4.5.2 Conclusiones sobre la aplicación de la metodología propuesta

- La microcuenca Los Naranjos, además de poseer belleza escénica, también ofrece a los pobladores recursos naturales que proteger, y según el estudio, está ubicada en la categoría Media vulnerabilidad (45%), debido sobre todo a la poca presencia de obras técnicas para reducir el impacto de las inundaciones en el área.
- La situación económica de la microcuenca es muy precaria, ya que no hay fuentes de trabajo en la zona, lo que disminuye el nivel de vida de los pobladores y la hace así vulnerable a otros factores externos.
- La vulnerabilidad institucional y la técnica son las que más afectan la microcuenca, debido a que no hay planes de contingencia, en caso de un desastre natural, añadiendo que hay apoyo técnico en cierto grado, pero los técnicos son transferidos a otras áreas o están disponibles a medio tiempo. Esto equivale a decir que la comunidad no está preparada para la llegada de un evento amenazante a la microcuenca.
- La vulnerabilidad política y la económica presentan cuadros similares a la institucional y técnica, esto nos muestra que estos aspectos están relacionados unos con otros, al no haber apoyo no del estado, ni municipio, la comunidad no puede resolver los conflictos económicos, los salarios bajo y la alta tasa de desempleo, tampoco se cuenta con el apoyo de políticos.
- En la categoría de baja vulnerabilidad están la cultural, la física, y la social, en tanto que la educativa y la ecológica se encuentran en la categoría media vulnerabilidad. La que es menos vulnerable es la ideológica, por el alto grado de conciencia que tiene la población.
- A pesar de que la vulnerabilidad física está ubicada en un rango aceptable en comparación con las otras vulnerabilidades, se observa que hay un alto riesgo

de vulnerabilidad en la variable asentamientos humanos en la ribera del río, lo que podría agravar este tipo de vulnerabilidad si no se da un manejo adecuado.

4.6 Recomendaciones

De la aplicación de la metodología en la microcuenca Los Naranjos, se pueden dar las siguientes recomendaciones:

1. Se debe promover más la cooperación entre sector público y las comunidades que integran la microcuenca ya que la gestión ambiental y el ordenamiento territorial es asunto del Estado y comunidades. Esto no incluye solo las oficinas ubicadas en el núcleo de la microcuenca, sino también a nivel central, además de las municipales. Con esto se pretende facilitar y concordar las acciones a corto, mediano y largo plazo entabladas entre ellos, así como otras organizaciones presentes en la zona: ONG's empresas, centros educativos, y agrupaciones comunales.
2. Realizar programas y planes de rehabilitación que incluyan la construcción de obras correctivas para paliar el potencial y magnitud de inundaciones en las zonas críticas.
3. Reactivar la elaboración y ejecución de planes de vigilancia en microcuencas, subcuencas y cuencas hidrográficas. En estas se debe incluir a la comunidad misma, y no solo al personal técnico de la institución asignada a tal tarea.
4. Preparar una propuesta de plan de contingencia con participación social, incluyendo capacitaciones, y explicando el funcionamiento de microcuencas y cuencas, en relación a la ubicación, naturaleza y magnitud de los daños que pueden causar un evento dado.
5. Elaborar planes para la evaluación de impacto ambiental, vulnerabilidad a desastres naturales, y riesgos en la zona, especialmente para los sectores mas dañados por las amenazas naturales.

6. Ampliar los programas ambientales que incluyan eventos y medios de educación ambiental de acuerdo al nivel socioeconómico y cultural de las comunidades (videos, afiches, concursos ecológicos de canto o dibujo, teatro ecológico, programas radiales, etc.), reflejando el mensaje de que el manejo integrado de la cuenca y la gestión ambiental son instrumentos claves para disminuir el riesgo y la vulnerabilidad ante la ocurrencia de fenómenos naturales.
7. Según la cuenca en la cual se desea aplicar esta metodología, el investigador encargado de aplicarla podrá ponderar cada tipo de vulnerabilidad dándole más peso a la que considere afecta en mayor grado a la cuenca en estudio.

4.7 Literatura citada

Burton, I. 1999. Peligros ambientales naturales. In Ingeniería Ambiental 2da. Edición. Glynn Henry, J. y Heinke, G.W. Pearson. Prentice Hall. México. P. 85-109.

Calderón, G. 1999. El concepto de vulnerabilidad. Textos y con-textos (en línea). Consultado el 31 de Octubre de 2001. Disponible en <http://www.geocities.com/rainforest/andes/8473/nunouno/vulnera.htm>

Calderón-Ocampo, J. 1999. Reacciones psicosociales frente a desastres. Textos y con-textos (en línea). Consultado el 31 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.geocities.com/rainforest/andes/8473/nunouno/psicosl.htm>

Cifuentes, M., De Faria, H., Izurieta, A. 2000. Medición de la efectividad del manejo de áreas protegidas. Serie Técnica No. 2. WWF/GTZ/UICN. 81 p.

Echeverri, J. 1999. Desastres naturales: ¿destino o producto humano?. Textos y contextos (en línea). Consultado el 31 de Octubre del 2001. Disponible en <http://www.geocities.com/rainforest/andes/8473/nunouno/desastre.htm>

Müller, S., Núñez, J., Ramírez, L., 1998. Indicadores para el uso de la tierra: El caso de la cuenca del río Reventado, Costa Rica. Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y recursos Naturales. IICA, BMZ/GTZ. 58 p.

OEA (Organización de Estados Americanos). Informe Final del Seminario-Taller Interamericano (1995, Foz do Iguacu, Brasil) 1995. Reducción de la Vulnerabilidad a Inundaciones en Cuencas Hidrográficas. Foz do Iguacu, Brasil. 158 p.

Robles, T., Luna, R. 1999. Elaboración de indicadores para proyectos ambientales. PROARCA/CAPAS. 45 p.

Sarmiento, J. P. 1996. Mitigación de Riesgos, Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenibles: Una Política Publica. Centro de Estudios Ambientales para el Desarrollo Regional. Santafé de Bogota. 63 p.

USAID (Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos). 1999. Manejo de las cuencas hidrográficas para la reconstrucción después de los huracanes y reducción de la vulnerabilidad ante los desastres naturales. Grupo Consultivo para la Reconstrucción y Transformación de América Central. Estocolmo, Suecia. 36 p.

Wilches-Chaux, G. 1988. La vulnerabilidad global. Los desastres no son Naturales. Maskrey, A. Colombia, CO. La Red. P. 9-47.

V. ACCIONES DIRIGIDAS A LA REHABILITACIÓN Y MANEJO DE LA MICROCUENCA LOS NARANJOS

Para mejorar las condiciones de la microcuenca, se proponen algunas acciones que incluyen la ejecución de actividades de manejo forestal dentro del bosque, agroforestería en zonas de amortiguamiento y desarrollo comunitario en las comunidades de la microcuenca.

5.1 Manejo forestal

El manejo forestal comunitario en ecosistemas montañosos es importante ya que tiene el fin de regular su aprovechamiento el cual debe realizarse siempre de forma sostenible, permitiendo la conservación o mejora de su composición, estructura y funciones. Para ello se debe involucrar a las comunidades que se encuentran cercanas al bosque para el manejo y protección del mismo. Estas actividades consisten en el manejo intensivo del bosque mediante la ejecución de Planes de Manejo, en los cuales están involucradas no solo estas comunidades, sino también los gobiernos municipales, y las organizaciones estatales. A continuación se presentan las estrategias que utiliza el plan de manejo:

5.1.1 Aprovechamiento forestal

Se trabaja con grupos de aserrío los cuales emplean técnicas de apeo o tala dirigida, técnicas mejoradas de aserrío, y la implementación de técnicas silviculturales para el enriquecimiento del bosque. Se debe establecer el volumen de corta anual permisible, el período de rotación, construcción y mantenimiento de caminos, y construcción de bacadillas. En el caso que ya existan grupos organizados para el aprovechamiento del bosque, estos deben acudir a las oficinas de la institución encargada de la administración del bosque para asesorarlos sobre las actividades que se deben planificar durante el año, y el procedimiento legal que se debe seguir para realizar esta actividad forestal.

5.1.2 Tratamiento silvicultural

Con esto se pretende obtener beneficios sociales y ambientales y para lo cual se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Reforestación

- Trabajar en áreas pequeñas, zonas de atención prioritaria y superficies afectadas por inundaciones y desastres naturales.

- Reforestar con especies nativas de la zona con el propósito de reconstruir ecosistemas originales. Algunas de las especies nativas de la zona que se pueden utilizar en las reforestaciones son: cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*), ceiba (*Ceiba pentandra*), entre otras.

- Dar mantenimiento a la reforestación en su totalidad para garantizar un mayor grado de supervivencia en las plantaciones. El mantenimiento de las plantaciones consiste en hacer comaleos, o limpieza alrededor de las plántulas cuando están cubiertas por malezas. En caso de existir plagas o enfermedades, se deben aplicar las correspondiente medidas de erradicación de estas a la brevedad posible.

- Muestreo de diagnostico

Es una operación para estimar la productividad potencial de un rodal. Se aplica a árboles de diez centímetros de DAP (diámetro a la altura del pecho) hasta los árboles que tienen el DMC (diámetro mínimo de corta). Estos árboles son lo que se piensan aprovechar cuando alcancen el diámetro mínimo de corta.

- Muestreo silvicultural

El objetivo de este muestreo es conocer la composición de la regeneración natural establecida y determinar el número de árboles. Los muestreos se llevarán a cabo dos años después del aprovechamiento en cada área de corta y se aplica a árboles de diez centímetros de DAP hasta los árboles que tienen el DMC. Se designa a las mismas áreas donde se aplica el muestreo de diagnostico.

- Muestreo de Remanencia

El muestreo de remanencia consiste en levantar la información sobre la vegetación (árboles \geq al DMC) que no fue extraída en la última cosecha por consideraciones técnicas, económicas, legales, silviculturales, biológicas y topográficas. Para el levantamiento de la información se utilizan las mismas unidades de registro de los dos muestreos anteriores.

5.1.3 Plan de protección

Se refiere a aquellas actividades que servirán para salvaguardar las áreas con mayor vulnerabilidad en la cuenca y que también tienen una importancia relevante para la población, como lo son las zonas abastecedoras de agua, zonas núcleos que forman parte del parque nacional Santa Bárbara, así mismo, se deberán implementar actividades en la zona de amortiguamiento de dicho parque, por ejemplo agricultura con obras de conservación de suelo, como se detallará en la parte de agroforestería.

5.1.4 Incentivos para el manejo de los recursos naturales

Se debe proporcionar incentivos a las comunidades de la microcuenca para lograr la completa participación de estas en las actividades propuestas.

- Pago por servicios ambientales

Consiste en obtener un ingreso por proteger el bosque, conservar la calidad del agua, o del aire, o bien por preservar la belleza escénica del sitio.

- Certificación de plantaciones

Consiste en hacer una certificación de las plantaciones realizadas por el propietario de la tierra, estableciendo el uso final de la plantación, que podría ser para protección, aprovechamiento, u otro uso. Cuando la plantación tenga la edad para hacer aprovechada, el propietario no tendrá que pagar ningún impuesto por aprovechar esa plantación. Dicha certificación esta a cargo de la institución forestal del Estado.

5.1.5 Análisis de costos e ingresos

Es necesario elaborar un análisis de los costos en que incurrirá el plan de manejo, así mismo de los ingresos esperados, esto con el fin de saber cuan rentable seria implementarlo. Es preciso dividir el análisis de costos según las etapas del plan, es decir, las actividades antes, durante, y después del aprovechamiento. Igualmente, los costos a incurrir en las actividades de protección y tratamientos silviculturales.

5.2 Agroforestería

Los propietarios de fincas deberán implementar prácticas sostenibles recomendadas por los técnicos. La implementación de prácticas sostenibles es una necesidad apremiante para los productores asentados en zonas de ladera, donde la erosión hídrica se acentúa, debido a varios factores condicionantes, entre éstos: el relieve topográfico, la lluvia, la exposición, y la poca vegetación. Así, se proponen las siguientes actividades agroforestales:

5.2.1 Sistema silvopastoril

Una de las formas factibles y sustentables de sostener la producción ganadera, es realizarla bajo el sistema silvopastoril, tomando en cuenta que la microcuenca posee extensas áreas de pastizales. Un sistema silvopastoril es el que permite que los componentes árbol, pasto y animal de producción, se ubiquen bajo un esquema de manejo racional, que tienda a mejorar a mediano o largo plazo, la productividad, la sustentabilidad y la rentabilidad de la explotación; todo ello teniendo en cuenta, las disímiles condiciones y tiempos de producción de los diversos componentes (Martín, 1999).

La implementación del sistema silvopastoril presenta ventajas tales como:

- Si se usan árboles leguminosos, estos aportan nitrógeno al suelo que beneficia el crecimiento de las pasturas.
- Los árboles proveen nutrientes desde los horizontes más profundos del suelo, facilitando la disponibilidad de estos a nivel superficial, para ser asimilados por los pastos.
- El efecto de sombreado de los árboles, reduce la posibilidad de germinación de semillas de leñosas arbustivas, que son gran competencia por espacio, luz y nutrientes, de las pasturas.
- La descarga foliar y la posterior descomposición de sus hojas, incrementa la materia orgánica en el área basal de los árboles, favoreciendo la nutrición de las pasturas en esa área.
- En caso de árboles no demasiado frondosos, otro efecto favorable que se produce para los pastos está dado por el escurrimiento del agua captada por la copa durante

las precipitaciones y el depósito de la misma en el área basal. Al momento de la incidencia solar, la sombra del árbol retrasa la pérdida de agua del perfil por evaporación, contribuyendo a un balance más positivo del uso de la humedad por los pastos en esa área.

- Un buen número y distribución de árboles por hectárea, favorece la adecuada dispersión de los animales en el potrero y un consumo más parejo de la masa forrajera disponible de las pasturas.

Se recomienda implementar el sistema de pastos con especies arbustivas forrajeras como el guacimo (*Guazuma ulmifolia*) o el tiguilote (*Cordia dentata*) para mejorar la producción animal. También se puede usar especies para sombra para la protección de los animales, entre estas especies se pueden utilizar las siguientes: poró (*Erythrina poeppigiana*), madreño (*Gliricidia sepium*), guama (*Lonchocarpus dominguensis*), algarrobo (*Samanea saman*) y jobo (*Spondia mombin*). Además de utilizar especies para aumentar la producción de biomasa, y especies para sombra, también se pueden utilizar las cercas vivas para que el ganado no destruya cultivos y logre extraviarse. Se recomienda hacer las cercas vivas con las antes mencionadas especies: madreño y poró.

5.2.2 Huertos caseros

- Beneficio social

Los beneficios que se obtienen con un manejo adecuado del huerto son múltiples, y tienen que ver con la satisfacción de las necesidades más sentidas de la población rural, que practica la economía de subsistencia. Las principales labores de establecimiento, mantenimiento, renovación y cosecha la realizan las mujeres y los niños, lo que promueve la integración familiar y permite el desarrollo con la perspectiva de género. No deben faltar las especies de plantas medicinales que ayudaran a paliar en alguna forma, las necesidades de la familia mientras se consiguen las medicinas apropiadas. Entre estas especies están: caña santa (*Costus spiralis*), anís (*Foeniculum vulgare*), salvia americana (*Lippia alba*), mejorana (*Majorana hortensis*), menta (*Mentha citrata*) y albahaca (*Ocimum basilicum*).

- Beneficio económico

Los huertos familiares son importantes en la economía de subsistencia. Sus productos proveen proteínas, vitaminas y minerales que mejoran la alimentación, además, las plantas medicinales que se cultivan en él, son un componente básico para el tratamiento de algunas enfermedades comunes. Aunque el propósito de los huertos familiares es autoconsumo, muchas veces se generan excedentes de producción, que deben contabilizarse como ingresos, caso de los cítricos, piña (*Ananas comosus*), aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*), sandía (*Citrullus vulgaris*), cocos (*Cocos nucifera*), guayaba (*Psidium guajaba*), bananos (*Musa sp.*).

- Beneficio ambiental

El buen uso del espacio utilizado por los huertos caseros, redundará en mayor rentabilidad ecológica y económica de la finca, al diversificar la producción y conservar un microclima favorable (menos erosión, menos viento, conservación de la humedad y la erradicación de las malezas).

Se pueden construir galpones para mantener a las aves domésticas bajo protección de otros animales depredadores. En un huerto casero se pueden crear pequeñas parcelas que contengan especias y vegetales que se consumen en la dieta diaria de la familia, entre estos vegetales se encuentran las siguientes especies: ajo (*Allium sativum*), chile dulce (*Capsicum sp.*), pepino (*Cucumis sativa*), calabaza (*Cucurbita pepo*), ñame (*Dioscorea alata*), tomate (*Lycopersicon sp.*), yuca (*Manihot esculenta*), frijol (*Phaseolus sp.*), malanga (*Xanthosoma sp.*).

5.2.3 Obras de conservación de suelo

Una manera de luchar contra la erosión y degradación del suelo, es efectuando precisamente, técnicas de conservación de suelo en sistemas agroforestales apropiadas al medio de cultivo y a su vulnerabilidad. Existen medios de lucha que pueden aplicarse para evitar o disminuir la erosión, entre estos medios se encuentran los siguientes:

5.2.3.1 Barreras vivas

Las barreras vivas son plantas perennes que se siembran a lo largo de un trazo siguiendo las curvas a nivel con el fin de contener el suelo que es arrastrado por el agua, y servir de guía permanente. Esta práctica también puede ser utilizada si el agricultor arrendatario quiere obtener beneficios dentro de un año con la producción de semillas y legumbres comestibles. (González, 1971). Las funciones de las barreras vivas en pendientes para el control de la erosión son:

- Disminuye la pérdida del suelo a través del efecto cobertura, donde el producto de las podas es dejado a lo largo de los cultivos.
- Reduce la escorrentía, incrementa la infiltración, y reduce la pérdida del suelo.
- Incrementa la materia orgánica del suelo, a través de las podas y residuos de raíces.
- Lleva un desarrollo progresivo de terrazas, a través de la acumulación del suelo en la parte superior de la barrera y la estabilización de la pendiente por los troncos y raíces.

Las siguientes indicaciones ayudaran para obtener mejores resultados en la implementación de las barreras vivas:

a. Selección del Sitio. Aún en condiciones marginales del sitio, siempre hay una opción de seleccionar especies vegetales que protejan al suelo contra la erosión tanto hídrica como eólica.

b. Selección del material vegetal

Se deben tomar en cuenta los requerimientos ambientales de la especie, sistema radicular fuerte y fibroso, planta perenne, abundante densidad radicular y del follaje, fácil manejo en cuanto a poda, tolerando a enfermedades, que no sea invasora, ya que puede convertirse en maleza, fijadora de nitrógeno (leguminosas), productora de abundante biomasa (materia seca, hojas, flores y ramas); ya que se incorporan al suelo como abono orgánico, poseer porte bajo para no competir por luz con el cultivo, alta capacidad de rebrotamiento, resistencia al fuego. También se pueden incluir gramíneas como el vetiver, zacate limón y otro tipo de material que

amarra bien y se adapta fácilmente a laderas es el cultivo de la piña sembrada en curvas a nivel.

c. Preparación de la tierra

En suelos de ladera, la preparación de la tierra se restringe a operaciones sencillas, que generalmente van acompañadas de las labores agrícolas entre las cuales están:

- Limpieza total del área; implica eliminar la maleza e incorporarla al suelo.
- Labranza con tracción animal con bueyes, si la pendiente lo permite.
- Trazado a curvas a nivel, donde el empleo del marco A y estacas para señalar son indispensables.
- Apertura del surco a lo largo de la curva a nivel.

d. Plantación

El sistema de plantación de las barreras vivas, puede ser por siembra directa, plantaciones y por estacas. El método aquí propuesto es siembra directa, siguiendo las curvas a nivel. El espaciamiento entre plantas es de 0.40 m. la siembra puede hacerse a chorrillo y por golpe 2-3 semilla por golpe.

5.2.3.2 Acequias de infiltración

Las acequias de infiltración son construidas en curvas a nivel, en áreas degradadas. En ellas el agua se almacena por más tiempo dentro de los canales y, como consecuencia, los árboles (si es en el bosque), los pastos (si es a campo abierto) y los cultivos, incrementan su producción.

- Asociadas con cercos vivos. Es la práctica más difundida. Los cercos vivos se instalan plantando varias especies según los lugares: *Agave sp.*, *Alnus jorullensis*, *Buddleja sp.*, *Fourcroya sp.*, *Opuntia ficus-indica*, *Polylepis sp.*, *Spartium junceum*. Se ha comprobado que las acequias sin el componente arbustivo-arbóreo, no dan resultados relevantes; al contrario, hay peligro de mayor erosión por el desborde de los canales

5.2.4 Cortinas rompevientos

Son cercos constituidos por vegetación arbórea y arbustiva dispuesta en sentido transversal a los vientos dominantes, a fin de proteger los cultivos y otras propiedades, de su acción perjudicial. Entre las especies más adecuadas sobresalen claramente las **casuarinas**, estas se adaptan casi perfectamente a las condiciones que debe tener la cortina ideal. Muy buena tasa de crecimiento, hoja perennes y rusticidad son sus características. Se planta en hileras simples a 1-1,2 metros de distancia, y bien podadas desde las etapas juveniles, forman una barrera optima. Se desarrolla bien en suelos sueltos y bien drenados, aunque tienen una gran tolerancia a anegamientos temporarios (Colacelli, 1998).

- Permeabilidad: La cortina rompevientos debe reducir la velocidad del viento. El actuar como una barrera impermeable no es deseable, ya que se producen turbulencias tanto a barlovento como sotavento que lejos de proteger los cultivos los perjudica y además es fuente de erosión. La cortina debe dejar pasar aproximadamente entre un 50 a un 60% del viento. De esta forma la distancia de protección es máxima.
- Altura: La distancia de protección de una cortina rompevientos es directamente proporcional a su altura e inversamente proporcional a la velocidad del viento. La protección se extiende aproximadamente unas 20 veces la altura, aunque como ya se dijo depende de la velocidad del viento y de la permeabilidad de la barrera, entre otros factores.
- Orientación: Cuando se ubica en el terreno una barrera ésta debe orientarse en forma perpendicular a la dirección de los viento predominantes, de esta forma se obtiene el mayor efecto protector.
- Otras características que hacen a la eficacia de la cortina son la longitud y su continuidad. La longitud no debe sobrepasar las 24 veces la altura ni ser menor de 10 veces. En cuanto a la continuidad, es importante ya que no deben existir espacios por donde el viento forme túneles donde incremente su velocidad.

5.3 Desarrollo comunitario

Se debe involucrar a las comunidades en el manejo apropiado de los recursos naturales de la microcuenca mediante la capacitación para ejecutar las acciones en forma fácil y eficiente. Para ello se debe realizar las actividades siguientes:

- Identificar las necesidades de las comunidades entre estas y las instituciones para promover proyectos de cooperación mutua y así elaborar un plan de intervención integral desde el análisis de la realidad social.
- Creación de asociaciones que representan a nuevos sectores de la población. Por ejemplo, se pueden organizar grupos de mujeres trabajando en forma unida para obtener ingresos extras para llevar a sus casas, (huertos caseros y venta de esos productos).
- Promover la participación de la sociedad civil organizada en diferentes sectores y ámbitos geográficos que incluya los sectores privado, académico, medios de comunicación, organizaciones no gubernamentales y en particular a los potenciales afectados en la prevención, atención, mitigación y preparación para enfrentar los desastres naturales.
- Elaboración de un plan de intervención en salud, formación, empleo y medio ambiente, utilizando material didáctico adaptado a la población.
- Llevar brigadas médicas a las comunidades, así como la prestación de servicios médicos gratuitos a personas de escasos recursos económicos. Así mismo, la dotación de sistemas de agua y saneamiento básicos a las comunidades más inaccesibles y educación ambiental en coordinación con maestros, y técnicos.

Con el desarrollo comunitario se busca alcanzar:

- La autogestión e independencia de los grupos organizados en las comunidades.

- Conciencia social que permita resolver los problemas cercanos, fomentando la tolerancia y la solidaridad.

- Iniciativas innovadoras dirigidas a paliar el problema del desempleo y mejorar el nivel de vida de las comunidades.

- Población beneficiada con : capacitación, asistencia técnica, y crédito para la producción de alimentos y pequeños negocios; capacitación y asistencia en salud; apoyo al funcionamiento de escuelas primarias; construcción de obras de infraestructura; y organización de la ONG

5.4 Literatura citada

Colacelli, N. 1998. Técnicas: Cortinas Rompevientos (en línea). Cátedra de Uso del Suelo de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT. Consultado el 8 de noviembre del 2001. Disponible en http://www.produccion.com.ar/1998/98ago_13.htm

González Archila, F. 1971. La Conservación del Suelo en el Cultivo del Café. El Tumbador. 19: 19-24.

Martín, G. 1999. Pasturas, Una estrategia de producción para áreas ganaderas del NOA: Sistema silvopastoril (en línea). Cátedra Forrajes y Manejo de Pasturas. Facultad de Agronomía y Zootecnia-UNT. Consultado el 8 de noviembre del 2001. Disponible en http://www.produccion.com.ar/1999/99abr_18.htm

VI. CONCLUSIONES

- Es necesario obtener promedios por variable, promedios por factores para obtener al final los promedios por componente (en caso de la estimación de la degradación), y obtener promedios por tipo de vulnerabilidad (para estimación de la vulnerabilidad), para así ubicar a cada componente y cada tipo de vulnerabilidad en una categoría de calificación.
- La degradación existente en % , así como la vulnerabilidad existente en % nos permiten hacer una comparación entre los diferentes componentes y tipo de vulnerabilidades estudiados, y saber cual de ellos es el que causa mayor degradación o más vulnerabilidad en la zona.
- Los factores y variables empleados en esta metodología pueden ser cambiantes dependiendo de la cuenca en la que se pretende aplicarla. Algunas variables no serán representativas para estimar la degradación o la vulnerabilidad de la zona, en ese caso, se deben obviar.
- Esta metodología debe incluir varios tipos de información, que incluye datos geo-referenciados, variables, indicadores, estadísticas, y análisis biofísico de la zona. La extensión y aplicación de un conjunto de variables para la toma de decisiones para el buen manejo de la cuenca, dependerá del avance del proceso de intercambio entre productores y personas encargadas de poner en marcha esta metodología.
- Este proceso requiere no solo de un intercambio de información y un proceso abierto de modulación, sino también de un delicado balance acerca de la validez científica, la aceptabilidad política y la factibilidad económica y técnica para el desarrollo y uso de esta metodología.
- Tanto la metodología para estimar la degradación como la metodología para estimar la vulnerabilidad a desastres naturales están relacionadas, partiendo del supuesto que si hay degradación en la cuenca, esta sufre vulnerabilidad en un grado determinado. Por lo tanto, comparten similitud en algunos indicadores en la escala de ponderación.
- Para efecto de la aplicación de estas metodologías, la relación existente entre estas es independiente, ya que la aplicación de estas metodologías dependen del objetivo de la

persona que hace el estudio. Si el investigador esta interesado en estimar solamente la degradación o solamente la vulnerabilidad, el diseño de ambas metodologías lo permite.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones del planteamiento metodológico

- Es apropiado probar las metodologías propuestas en otras cuencas para mejorar la estructura o añadir indicadores que no fueron tomados en cuenta en este estudio.
- Según la cuenca en la cual se desea aplicar estas metodologías, el investigador encargado de aplicarlas podrá ponderar cada componente (en el caso de estimación de la degradación), o cada tipo de vulnerabilidad (en el caso de la estimación de la vulnerabilidad), dándole más peso al que considere afecta en mayor grado a la cuenca en estudio.

7.2 Recomendaciones de la aplicación de la metodología

- Se debe promover más la cooperación entre el sector público y las comunidades que integran la microcuenca ya que la gestión ambiental y el ordenamiento territorial es asunto del Estado y comunidades. Esto no incluye solo las oficinas ubicadas en el núcleo de la microcuenca, sino también a nivel central, además de las municipales. Con esto se pretende facilitar y concordar las acciones a corto, mediano y largo plazo entabladas entre ellos, así como otras organizaciones presentes en la zona: ONG's empresas, centros educativos y agrupaciones comunales.
- Se deben ejecutar programas descentralizados para la recuperación de ecosistemas y unidades de conservación degradadas en zonas estratégicas que incluyan las cuencas hidrográficas, identificadas como críticas, zonas de riesgo que afectaran los conglomerados poblacionales, caminos y carreteras, y otra infraestructura.
- Para lograr una integración total y verdadera de la comunidad en la gestión ambiental, es necesario que el sistema educativo, incluya el tema ambiental orientado a cambiar actitudes y promover la aceptación y aplicación de las proposiciones para el buen manejo de la microcuenca.

- Fomentar la elaboración y activar la ejecución de los planes de manejo integral de los bosques dentro y fuera de la microcuenca para su protección, así como también los planes de manejo de los parques nacionales.
- Desarrollar programas de capacitación práctica, ya sea en obras de conservación de suelo, o para mejorar la producción agrícola, como la implementación de la agricultura orgánica, que viene a retardar la degradación del ambiente. Esto debe ser tanto para los productores como para los educadores de escuelas y colegios de la zona.
- Promover campañas de concientización ambiental aplicadas a las comunidades a nivel de municipalidades en áreas ambientalmente estratégicas, empresa privada, promotores sociales, y a los entes políticos.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. MAPAS DE LA MICROCUENCA LOS NARANJOS, LAGO DE YOJOA, HONDURAS

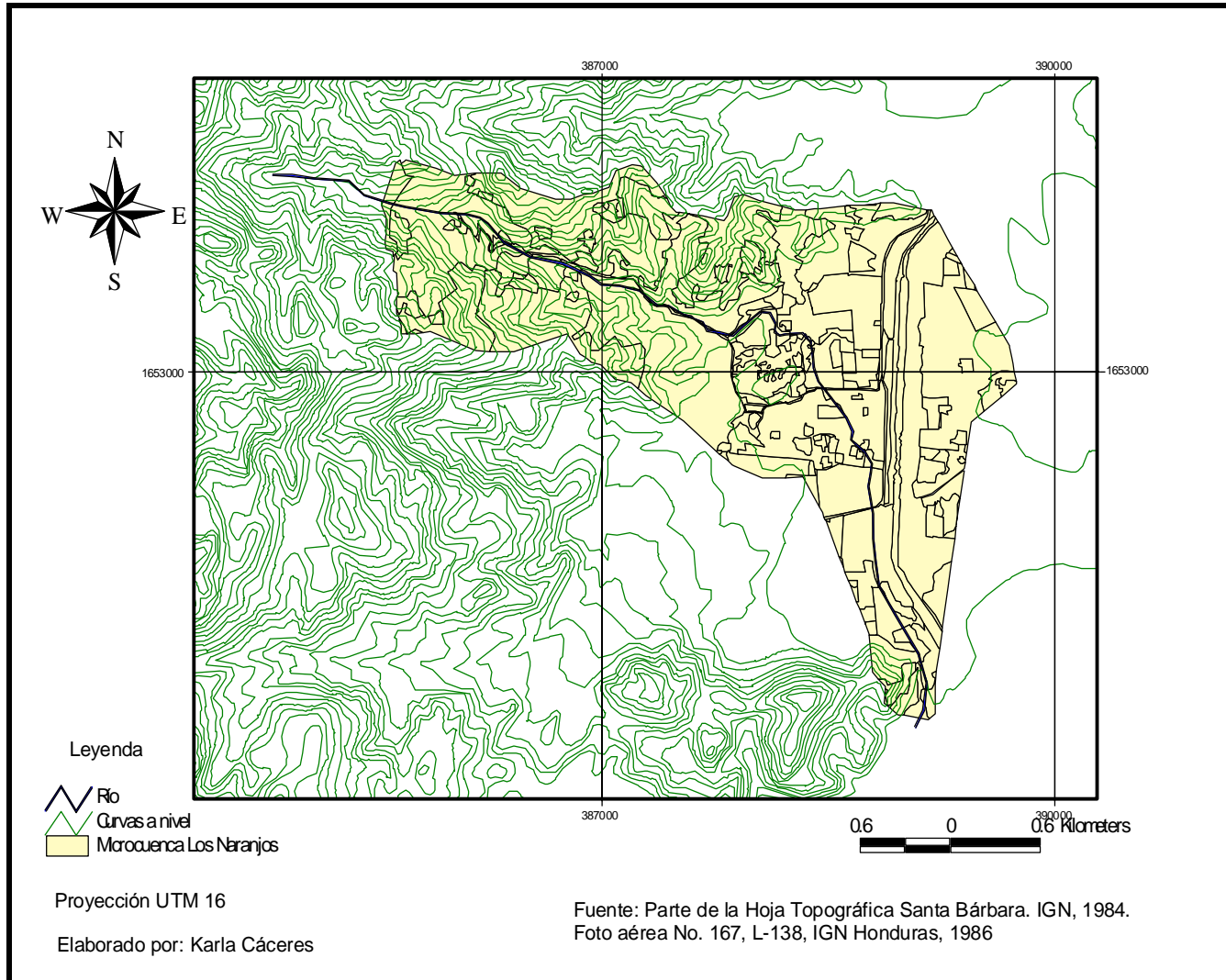


Figura 5. Mapa de curvas a nivel de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

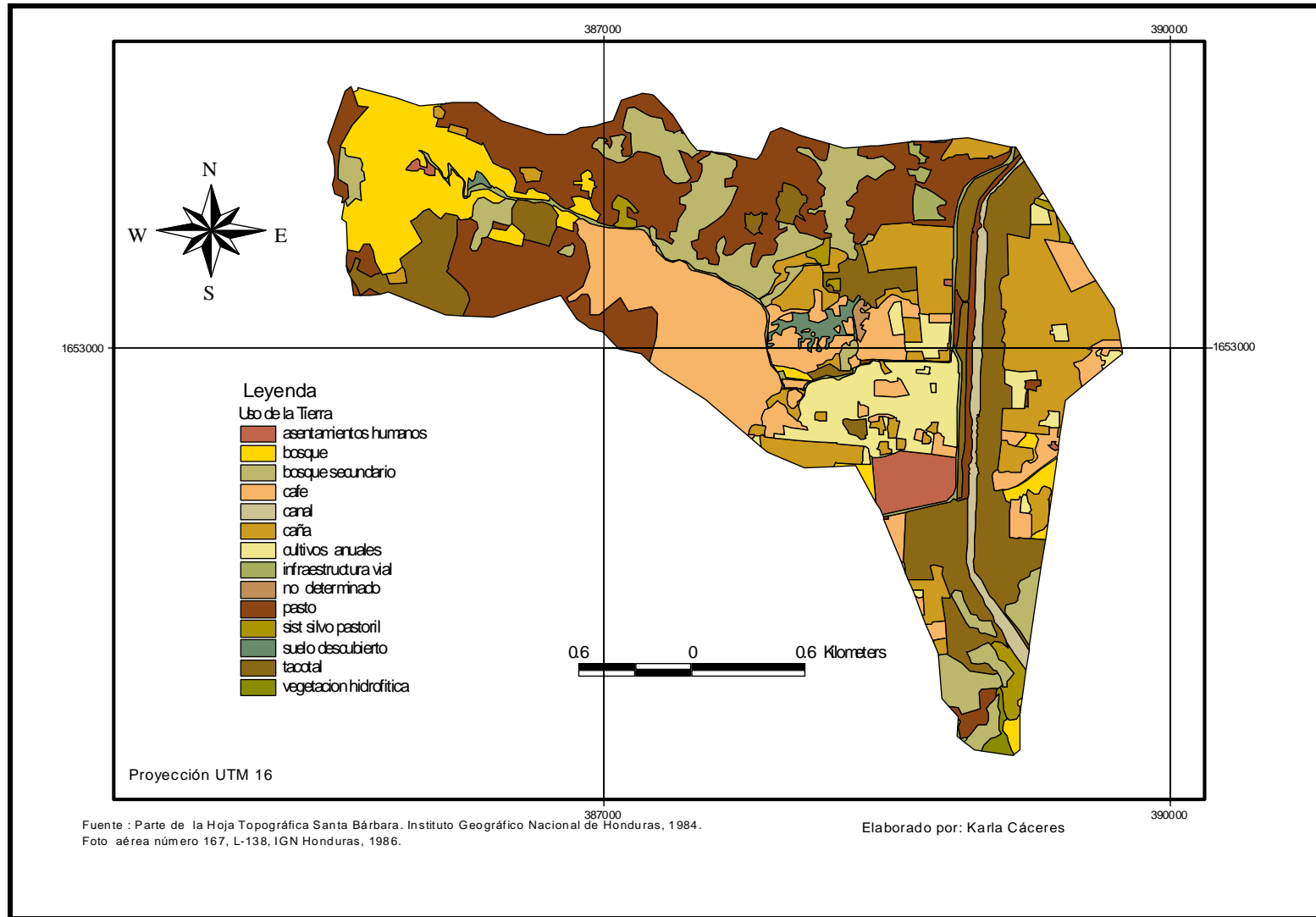


Figura 6. Mapa de uso actual de la tierra de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras

ANEXO 2. DATOS DE LA CUENCA DEL LAGO DE YOJOA, HONDURAS

USO ACTUAL DE LA TIERRA EN LA CUENCA DEL LAGO DE YOJOA

(ha)

Subcuenca	Hoja ancha	Pino	Hoja ancha/pino	Matorral	Agricultura	Litoral y pantanos	Area urbana	Sin recurrimento	Total
1	3.189,27	-o-		1,024.80	1.293,88	117,15			5.667,10
2	1.629,72	-o-		817,81	1.754,23	38,89	269,85	841,77	5.352,27
3	2.227,57	-o-		660,29	2.301,41	35,35			5.224,62
4	435,37	307,90	126,19	304,29	2.034,25	477,23			3.685,23
5	1.278,18	21,62		600,29	2.517,25	454,23			4.871,64
6	2.384,18	-o-		815,18	2.142,33				5.341,69
7	2.391,25	-o-		347,62	792,76				3.531,63
Lago	-o-	-o-							7.885,24*
Canal	-o-	-o-							22,00
Subtotal	13.527,54	329,52					269,85	841,77	33.684,18**

Fuente: Zapata *et al.*, 1993

* Medida del nivel del Lago a 635,5 metros

** Total sin agua. Total con agua: 41.591

POBLACIONES DE MUNICIPIOS COLINDANTES AL LAGO DE YOJOA

Nombre municipio	Población Total	Sexo masculino	Sexo femenino
Taulabé cabecera municipal	3.694	1.838	1.856
(Aldeas y caseríos	12.202	6.374	5.828
Sta. Cruz de Yojoa	42.668	21.623	21.045
Concepción del Norte	7.522	3.976	3.546
San Pedro Zacapa cabecera municipal	841	415	426
Aldeas y caseríos	6.769	3.623	3.146
Las Vegas cabecera municipal	7.450	3.684	3.766
Aldeas y caseríos	9.836	5.132	4.704

Fuente: Zapata *et al.*, 1993

ANEXO 3. IMAGENES DE LA MICROCUENCA LOS NARANJOS



Imagen 1. Bosque primario en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 2. Cafetal en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 3. Cañaveral en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 4. Guamiles en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 5. Pastizales en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 6. Aprovechamiento de leña en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 7. Lago de Yojoa, vista desde la microcuenca Los Naranjos



Imagen 8. Suelos descubiertos en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 9. Suelos anegados en la microcuenca Los Naranjos



Imagen 10. Asentamientos humanos cerca de la ribera de ríos, microcuenca Los Naranjos