

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO
DE LA CUENCA DEL RÍO PASAGUAY, JOYABAJ, QUICHE

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR
OSCAR DARÍO ALVARADO QUEZADA

En el acto de investidura como
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA OCTUBRE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:	Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL I:	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL II:	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL III:	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardon Ávila
VOCAL IV:	P. For. Mirna Regina Valiente
VOCAL V:	Br. Nery Boanerges Guzmán Aquino
SECRETARIO:	Ing. Agr. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, octubre de 2007

Honorable Junta Directiva.
Honorable Tribunal Examinador.
Facultad de Agronomía.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Presente.

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO PASAGUAY, JOYABAJ, QUICHÉ

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado.

En espera que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente.

Oscar Darío Alvarado Quezada

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por iluminarme y permitirme culminar mi carrera.

MIS PADRES: Darío Alvarado Méndez
Edelmira Quezada Quiroa
Por su valioso apoyo y consejos en mi formación.

MIS ABUELOS: Sinforeano Alvarado Quiroa y Clara Luz Méndez Escobar (Q.E.P.D)
Juan Quezada Santos y Felicita Quiroa Berreondo (Q.E.P.D)

MIS HERMANOS: Clara Edelmira y Edson Josué

MI ESPOSA: Nilva Arelis Gil Jiménez

MIS HIJOS: Oscar Darío y Estrella Luzclarita

MIS TIO Y TIAS: Por ser ejemplo de trabajo duro y honradez

MIS PRIMOS: Marvin, José Adolfo, Rudy, Luís, Lila, Huber, Juan, Ramy, Heber, Tito, Viceldo, Aurelio, Hugo, Carlos, Rodolfo, Juan José, Josué, Ana Patricia, Oscar, Yanuario, Eduardo, Fredy, Asdrúbal, Juan Augusto, Pegui, Senia, Kevin, José, Luís Rene, Abelardo, Ricardo Antonio.

MIS AMIGOS: Carlos García, Henry España, Mario Tarot, Gustavo y Enrique Salvatierra, Rigoberto Pensamiento, Axel Herrera, Oscar Villegas, Roberto Filipi, Marcel Oseida, Víctor Marroquín, Prospero Carrascoza, Eduardo Gudiel, Marvin Valdez, Dany Girón, Baldomero Sandoval, Henry Pérez, Carlos Chinchilla, Carlos Gómez, Luís Anleu, Carlos Vásquez, Julio y Ovidio Méndez (Q.E.P.D.) Víctor, Antonio y Susy Gil, Heder Peña, Manolo Díaz, Selvin Jiménez, Donald y Kevin Soto, Fernando, Fredy y Luis Ogaldez, Estuardo y Roderico Vélez, Julio Grave, Delio Mancilla, Willmar y Amilcar Ramos, Carlos y Aylin Castro, Nery Soto, Hervert Aldana

MI SUEGRA: Alida Jiménez Ramos

MI FAMILIA: En general.

TESIS QUE DEDICO

A:

Dios

Mis Padres

Mi Esposa

Mis Hijos

Guatemala

Escuela Ingeniero Domingo Beteta Paz

Escuela de Formación Agrícola EFA Sololá

Instituto Teórico Práctico de Agricultura ITPA

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores Ingenieros Guillermo Méndez Beteta y Mario Alberto Méndez, expreso mi agradecimiento sincero por su incondicional apoyo, orientación y asesoría en la realización de este trabajo.

Los Ingenieros Adalberto Rodríguez, Miguel Morales, por sus recomendaciones brindadas con el afán de mejorar este trabajo.

Al Ingeniero Edil Rodríguez, Walter Valencia, José Cabrera y Jorge Cabrera por su apoyo en la realización de este trabajo de tesis.

El Ingeniero Francisco Javier Quiñónez y al personal del laboratorio de química y microbiología sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. Introducción	1
2. Planteamiento del Problema	2
3. Marco Teórico	3
3.1 Marco Conceptual	3
3.1.1 Cuenca Hidrográfica	3
3.1.1.1 Definición de cuenca hidrográfica	3
3.1.1.2 La cuenca como sistema	3
3.1.1.3 Parte Aguas	3
3.1.1.4 Perímetro de la Cuenca	4
3.1.1.5 Área de la Cuenca	4
3.1.2 Objeto del manejo de una cuenca	4
3.1.3 Clasificación de suelos y tierras	4
3.1.3.1 Sistemas de clasificación de tierras por capacidad de Uso (INAB)	5
3.1.3.1.1 Descripción de la metodología	5
3.1.3.1.2 División del país en regiones naturales	6
3.1.3.1.3 Factores que determinan la capacidad de uso de la tierra	6
3.1.3.1.4 Descripción de las variables y formas de estimarlas	7
3.1.3.1.5 Categorías de capacidad de uso	7
3.1.3.1.6 Matrices de decisiones y asignación de categorías de uso	7
3.1.3.2 Capacidad de uso de la tierra	8
3.1.4 Recurso Suelo	8
3.1.4.1 Suelo	8
3.1.4.2 Tierra	8
3.1.4.3 Pedón	9
3.1.4.4 Perfil del suelo	9
3.1.4.5 Horizonte	9
3.1.4.6 Calicata	9
3.1.5 Recurso bosque:	9
3.1.6 Recurso agua	10
3.1.6.1 Orden de una Corriente	10
3.1.6.2 Curva de Nivel	11
3.1.6.3 Pendiente	11
3.1.6.4 Efecto del área sobre el caudal	11
3.1.6.4.1 Efecto del área sobre el caudal máximo	11
3.1.6.4.2 Efecto del área sobre el caudal medio	11
3.1.6.4.3 Efecto del área sobre el caudal mínimo	11
3.1.6.5 Tipología de la Cuenca	12
3.1.6.6 Según el uso dominante de la tierra	12
3.1.6.7 Según el tipo dominante de tenencia de	

	La tierra	12
3.1.6.8	Según el tipo dominante de explotación Agrícola	12
3.1.6.9	Según la existencia del área con régimen Jurídico especial	12
3.1.6.10	Según la altitud de las cuencas se Clasifican en	13
3.1.6.11	Según el área	13
3.1.6.12	Según el proceso erosivo dominante	13
3.1.6.13	Según el torrente hidrológico de las crecidas	13
3.1.6.14	Según la torrencialidad	13
3.1.6.15	Según el clima	13
3.1.6.16	Según el tratamiento aplicado	13
3.1.7	Cartografía y sistemas de información geográfica	14
3.1.7.1	Fotogrametría	14
3.1.7.2	Teledetección	14
3.1.7.3	Sensores remotos	14
3.1.7.4	Fotografía aérea	15
3.1.7.5	Geodesia	15
3.1.7.6	Cartografía	15
3.1.7.7	Mapas topográficos	16
3.1.7.8	Mapas temáticos o específicos	16
3.1.7.9	Elementos básicos de un mapa	17
3.1.7.10	Coordenadas geográficas	17
3.1.7.11	Escala	17
3.1.7.12	Relieve	17
3.1.7.13	Sistemas de información geográfica	18
3.2	Marco Referencial	19
3.2.1	Algunos estudios de cuencas realizadas en el país	19
3.2.1.1	Priorización de cuencas de las vertientes de la Republica de Guatemala	19
3.2.1.2	Priorización de subcuencas del río Achíguate, en Guatemala, Centro América	19
3.2.1.3	Investigación básica para la planificación del manejo De la cuenca de Itzapa	19
3.2.1.4	Estudio de las comunidades forestales de la cuenca del río Cocol	20
3.2.1.5	Identificación de áreas de recarga hídrica natural en los lugares que desaguan en el río Tzulba, formador del río Caquil	20
3.2.1.6	Estudio Socioeconómico de la microcuenca del río Tzulba (río Xeabaj)	21
3.2.2	Características del área de estudio	21
3.2.2.1	Ubicación	21
3.2.2.2	Área	22
3.2.2.3	Geología	22
3.2.2.4	Suelos	22
3.2.2.5	Clima y zonas de vida	22
3.2.2.6	Hidrografía	25

	3.2.2.7	Vegetación	25
	3.2.2.8	Características socioeconómicas	25
	3.2.2.8.1	Población	25
	3.2.2.8.2	Accesibilidad	25
4.	Objetivos		28
4.1	Objetivo General		28
4.2	Objetivos Específicos		28
5.	Metodología		29
5.1	Reconocimiento del área de estudio		29
5.2	Recopilación de información secundaria		29
5.3	Caracterización morfométrica		29
	5.3.1	Aspectos lineales	29
	5.3.2	Aspectos de superficie	30
	5.3.3	Aspectos de relieve	30
5.4	Clasificación de tierras por capacidad de uso (INAB)		31
	5.4.1	Primera fase de gabinete	31
	5.4.1.1	Recopilación y análisis de información biofísica sobre el área	31
	5.4.1.2	Elaboración del mapa de unidades fisiográficas	31
	5.4.1.3	Elaboración del mapa de pendientes	32
	5.4.1.4	Mapa de uso de la tierra	32
	5.4.1	Fase de campo	32
	5.4.2.1	Verificación de los límites de las unidades de mapeo	32
	5.4.1.2	Determinación de profundidades de suelo y factores modificadores	32
	5.4.1.3	Chequeo del mapa de pendientes	33
	5.4.1.4	Chequeo de mapa de cobertura y uso de la tierra	33
	5.4.2	Segunda fase de gabinete	33
	5.4.3.1	Integración del mapa de unidades de tierra	33
	5.4.2.2	Elaboración del mapa de capacidad de uso	33
5.5	Clasificación de tierras por tipo de cobertura		33
5.6	Intensidad de uso de la tierra		33
5.7	Características del recurso hídrico		34
	5.7.1	Balance hídrico	34
	5.7.2	Registro de manantiales	34
	5.7.3	Calidad física y química	34
	5.7.4	Calidad bacteriológica	34
5.8	Características socioeconómicas de la cuenca		35
5.9	Diagnostico de la cuenca		35
	6.9.1	Metodología participativa	35
5.10	Propuesta de manejo		36
6.11	Descripción de la dinámica de trabajo		36
6.	Resultados		37
6.1	Clasificación de Tierras por capacidad de uso		37
	6.1.1	Intensidad de uso de la tierra	38
6.2	Estudio del recurso suelo		38

6.2.2	Uso de la tierra	38
6.2.2.1	Centros poblados	41
6.2.2.2	Cuerpos de agua	41
6.2.2.3	Cultivos anuales	41
6.2.2.4	Tierras con bosques de coníferas	41
6.2.2.5	Asociación de cultivos anuales y bosque latifoliado	41
6.2.2.6	Asociación de cultivos anuales y hortalizas	41
6.2.2.7	Asociación de cultivos anuales y bosque mixto	42
6.2.2.8	Extensión de las unidades de uso	42
6.3	Estudio del recurso hídrico	44
6.3.1	Distribución	44
6.3.1.1	Aspectos lineales	44
6.3.1.2	Aspectos de superficie	46
6.3.1.3	Aspectos de relieve	46
6.3.1.4	Análisis de las características morfométricas	46
6.3.2	Cantidad	48
6.3.3	Calidad física y química	48
6.3.4	Calidad bacteriológica	50
6.3.5	Registro de nacimientos	51
6.4	Características socioeconómicas de la cuenca	53
6.4.1	Ubicación, extensión y límites	53
6.4.2	Producción	53
6.4.3	Recursos naturales	55
6.4.3.1	Tenencia de tierra	55
6.4.3.2	Bosque	55
6.4.3.3	Fuentes de agua	56
6.4.4	Descripción de aspectos sociales	56
6.4.4.1	Población	56
6.4.4.2	Educación	56
6.4.4.3	Salud y nutrición	56
6.4.4.4	Religión	57
6.4.5	Organización social	57
6.4.5.1	Comités y organizaciones existentes	57
6.4.5.2	Presencia institucional	57
6.4.5.3	Infraestructura y servicios	57
6.4.6	Utilización de los recursos naturales	58
6.4.7	Aspectos económicos	59
6.5	Propuesta de lineamientos para el manejo de la cuenca	59
6.5.1	Problemática identificada en la cuenca	59
6.5.2	Propuesta de programas y proyectos	59
6.5.2.1	Programa de conservación de los recursos Naturales renovables	60
i)	Aprovechamiento y uso sostenible forestal	60
ii)	Conservación y aprovechamiento racional de las fuentes de agua para consumo...	61
iii)	Conservación de suelos	61
iv)	Planificación del uso de la tierra	61

6.5.2.2	Programa de desarrollo de infraestructura y servicios públicos	62
i)	Sistema de abastecimiento de agua y riego	62
ii)	Educación ambiental	63
iii)	Promoción del sistema público de salud	63
6.5.2.3	Programa de apoyo social	63
i)	Educación ambiental y productiva	64
ii)	Fortalecimiento de la organización y el poder local	64
6.5.2.4	Programa de actividades productivas no agrícolas	65
i)	Producción artesanal	65
7.	Conclusiones	68
8.	Recomendaciones	69
9.	Bibliografía	70
10.	Apéndice	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Matriz de capacidad de uso de la tierra para la región Tierras Metamórficas	08
2.	Escala y/o niveles de trabajo a utilizar en la aplicación de la metodología adoptada por el INAB	31
3.	Características de las estaciones meteorológicas consideradas para el análisis de los factores climáticos de la cuenca del río Pasaguay	34
4.	Clasificación de tierras por capacidad de uso y análisis de factores y niveles	37
5.	Unidades de uso y superficie que ocupan dentro de la cuenca del Río Pasaguay	42
6.	Numero de orden y longitud de corrientes de la cuenca del río Pasaguay	44
7.	Precipitación pluvial media (mm) de la región durante 6 años	48
8.	Resultados de los análisis físicos de las muestras de agua del río Pasaguay del año 2003	48
9.	Resultados de los análisis químicos de las muestras de agua del río Pasaguay del año 2003	49
10.	Resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua del río Pasaguay para el año 2003	50
11.	Ubicación de los nacimientos y altura sobre el nivel del mar	51
12.	Comunidades que se encuentran localizadas en las coordenadas y altura (msnm) dentro de la cuenca del río Pasaguay	53
13A.	Características demográficas de la población ubicada dentro de la cuenca del río Pasaguay, en el año 2003	76
14A.	Características generales de locales de habitación y servicios dentro de la cuenca del río Pasaguay, en el año 2003	77
15A.	Listado de participantes en el diagnostico rural participativo	78

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Ubicación de la cuenca del río Pasaguay en el país	23
2.	Ubicación de la cuenca del río Pasaguay en la cuenca del río Motagua	24
3.	Mapa de series de suelos según Simmons de la cuenca del río Pasaguay	26
4.	Mapa de zonas de vida dentro de la cuenca del río Pasaguay	27
5.	Mapa de capacidad de uso de la tierra de la cuenca del río Pasaguay	39
6.	Mapa de intensidad de uso de la tierra de la cuenca del río Pasaguay Año 2003	40
7.	Mapa de uso de la tierra de la cuenca del río Pasaguay, año 2003	43
8.	Mapa de la red hidrográfica de la cuenca del río Pasaguay	45
9.	Grafica Logaritmo Nu vrs. U	44
10.	Mapa de curvas a nivel dentro de la cuenca del río Pasaguay	47
11.	Mapa de registro de nacimientos de la cuenca del río Pasaguay	52
12.	Mapa de ubicación de centros poblados dentro de la cuenca del río Pasaguay	54
13.	Mapa de propuesta de proyectos para el manejo de la cuenca del río Pasaguay	66
14.	Mapa de propuesta de proyectos para el manejo de la cuenca del río Pasaguay	67
15A.	Mapa de localización de puntos de aforo y puntos de muestreo para el estudio del recurso hídrico de la cuenca del río Pasaguay	79

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO PASAGUAY, JOYABAJ QUICHE

PRELIMINARY CHARACTERIZATION AND PROPOSAL OF MANAGEMENT GUIDELINES FOR THE PASAGUAY RIVER WATERSHED LOCATED IN JOYABAJ, QUICHE

RESUMEN

SUMMARY

La cuenca del río Pasaguay se localiza en el municipio de Joyabaj, en el departamento de Quiché la misma es una microcuenca del río Motagua y tiene un área de 26.6 km². El relieve predominante en la cuenca es accidentado, con fuertes pendientes, lo que implica que un uso de la tierra con cultivos limpios sea intensivo. Esto aunado al crecimiento poblacional y el avance de la frontera agrícola está produciendo una degradación de los recursos naturales de la cuenca. Con el presente estudio se generó información básica acerca del uso de la tierra, recurso suelo, recurso hídrico y características socioeconómicas. Además se proponen lineamientos generales para el manejo de la cuenca. La información generada es fundamental para la elaboración de un plan de manejo integral de la cuenca, para diseñar y ejecutar proyectos de desarrollo y para realizar investigación de mayor precisión.

El estudio de suelos y tierra conllevó tareas a nivel de gabinete y campo. Las tierras se clasificaron por capacidad de uso con base en la metodología del INAB. Además se generó el mapa de uso de la tierra que al superponerlo con la capacidad de uso de la tierra permitió obtener la intensidad de uso de la tierra.

Con relación a las tierras, el relieve predominante es accidentado, con laderas de fuertes pendientes. En cuanto a la clasificación por capacidad de uso de la tierra, el 10.95% del área, equivalente a 2.91 km², es apta para producción agrícola con limitaciones de pendiente, profundidad efectiva del suelo con prácticas de conservación de suelos, así como medidas agronómicas relativamente intensas de acuerdo a la metodología del INAB. En el resto del área, que corresponde a 23.69 km² o 89.05% del área, se encontraron las clases de capacidad de Tierras Forestales para Producción y Tierras Forestales de Protección para realizar un manejo forestal sostenible y para actividades forestales de protección o conservación ambiental. Respecto a la intensidad de uso de la tierra, se estimó que el 27.86% del área total de la cuenca se encuentra en uso correcto y el 72.14% del área se encuentra en sobre uso que son áreas en donde el uso actual no es compatible con la capacidad de uso de la tierra.

Con el estudio del uso de la tierra se delimitaron siete categorías: centro poblados, cuerpos de agua, cultivos anuales, bosques de coníferas, asociaciones de cultivos anuales y bosque latifoliado, asociaciones de cultivos anuales y hortalizas, asociaciones de cultivos anuales y bosque mixto. Existiendo 8 caseríos (Chorraxaj, Xeabaj, Pasaguay, Quiacoj, Ixoc, Chijuc, Ocos, Tzitzil) y 1 paraje (Piedras Lisas); cuerpos de agua, cultivos anuales maíz (***Zea mays***) y frijol (***Phaseolus vulgaris***) 6.71 km²; 25.23% del área total, bosques de coníferas pino macho (***Pinus moctezumae***) y pino colorado (***Pinus oocarpa***) 0.63 km², 2.38%, asociación de cultivos anuales y bosque latifoliado roble y encino (***Quercus spp***) 0.14 km², 0.50%, asociación de cultivos anuales y hortalizas (maíz y frijol y las hortalizas tomate (***Lycopersicon esculentum***) y chile (***Capsicum annum***) 10.32 km², 38.8%, asociación de cultivos anuales y bosque mixto encino (***Quercus spp.***), aliso (***Alnus spp.***), y especies de coníferas como pino (***Pinus spp.***). 8.80 km², 33.09%).

Respecto al recurso hídrico se estudiaron tres aspectos: distribución, calidad y cantidad. Para el estudio de la calidad se realizaron muestreos en tres puntos en época seca y lluviosa. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se determinaron características físicas, químicas y bacteriológicas.

En cuanto a la distribución espacial del recurso hídrico se realizó un análisis de las características morfológicas de la cuenca. Se determinó que la cuenca del río Pasaguay es pequeña, de forma larga, con 26.6 km² de área, con baja densidad de drenaje, es de orden 3 y tiene 9% de pendiente en su cauce principal, por lo que la cuenca responde lentamente a la escorrentía superficial. Para el año 2003 tuvo un caudal de 31.52 lt/s en época seca y 444.25 lt/s en época lluviosa. Las características de calidad física, química y bacteriológica del recurso hídrico de la cuenca de río Pasaguay sobrepasan los límites máximos aceptables y permisibles según reglamentos nacionales e internacionales, por lo que el agua no debe ser consumida por humanos directamente del río, si no es tratada. Algunos indicadores refieren altos niveles de amoníaco, nitritos, nitratos y bacterias coliformes fecales, todos causantes de daños a la salud.

Respecto a las características socioeconómicas la población total de la cuenca fue de 8659 habitantes en el año 2002, con una densidad poblacional de 325 habitantes /km². El grado de alfabetismo es de 21.96% (1902 alfabeto y 4668 analfabeta). Los grupos familiares practican agricultura de subsistencia en pequeñas unidades productivas. La utilización irracional de los recursos naturales y la inexistencia de sistemas sanitarios afectan negativamente el ecosistema, principalmente el recurso hídrico. Como consecuencia, tiene una alta incidencia de las enfermedades como síndrome diarreico, parasitismo intestinal y cólera, a causa de consumo de agua contaminada. Todos los centros poblados cuentan con infraestructura religiosa y de educación primaria.

Las principales recomendaciones están orientadas al desarrollo forestal, a la recuperación de sitios de intensa deforestación y áreas sobre utilizadas, al desarrollo de sistemas agroforestales y silvopastoriles y a mejorar las condiciones socioeconómicas de los habitantes de la cuenca.

1. INTRODUCCION

Durante los últimos 17 años, las instituciones gubernamentales y no gubernamentales se han preocupado por los crecientes problemas derivados de la utilización inadecuada de que son objeto los recursos naturales. Es necesario tomar como principio fundamental el hacer un estudio minucioso de los fenómenos y condiciones que rigen la dinámica de los recursos naturales, para así poder definir cual es la mejor forma de aprovechamiento para el mejoramiento de las condiciones y medios de vida de los habitantes.

Es importante impulsar el desarrollo de las poblaciones humanas de una forma sostenible, implementando un manejo integral de las cuencas hidrográficas que comparten. Ya no estudiarlas únicamente por sus relaciones hidrológicas, sino de una forma regional, como un lugar determinado donde se relacionan e interactúan los recursos naturales, actividades productivas y otras actividades humanas con sus relaciones sociales.

Esta investigación contribuye con información básica de los recursos naturales renovables de la cuenca. La información constituirá una base sólida para la formulación de futuros planes de manejo y/o recuperación de la cuenca. El mismo presenta lineamientos generales para el manejo de la cuenca, para ejercer un mejor control en el uso de los recursos naturales del área. De esta manera se contribuye a evitar escasez de fuentes de agua, desastres naturales, mala utilización del suelo (provocando la erosión del mismo) y desaparición de flora y fauna de las comunidades que se encuentran dentro de la cuenca del río Pasaguay del municipio de Joyabaj.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cuenca del río Pasaguay se considera de importancia porque es una de las áreas de producción de agua en el municipio de Joyabaj, tanto para consumo humano como para uso agrícola y abastece en un buen porcentaje el consumo de agua de varias comunidades del municipio que son Quiacoj, Xeabaj, Tzizil, Chijuc, Chuaquenum, Raxanep, Pericón, Talaxcoc, Pájaro de Plata, Chosavic, Pachilip, Piedras Blancas, Panchum. Además de ello, los recursos naturales de la cuenca están padeciendo un acelerado proceso de degradación debido especialmente al avance de la frontera agrícola.

Con una serie de problemas como los son la fuerte deforestación y la mala utilización de los suelos (que provoca pérdida del potencial productivo), así como también el mal uso y aprovechamiento de las fuentes de agua existentes dentro de la cuenca, aún no se contaba con la información básica necesaria para reconocer el estado actual de la cuenca de un forma adecuada que pudiera servir como punto de partida para la realización de estudios siguientes y planificación general. Por ello, para el presente estudio, se investigó la situación actual de los recursos suelo, bosque y agua en forma general. El resultado final es información básica del estado actual de los recursos naturales renovables y lineamientos generales para el manejo de la cuenca.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Cuenca Hidrográfica

3.1.1.1 Definición de Cuenca Hidrográfica

Se define como el área drenada por una corriente o por un sistema de corrientes, cuyas aguas concurren a un mismo punto de salida (7).

“ La Cuenca Hidrográfica se concibe como un sistema natural dinámico compuesto de elementos; biológicos, físicos y antrópicos que reaccionan dialécticamente entre sí, creando por lo tanto un conjunto único e inseparable en permanente cambio”. Esto fundamentalmente nos lleva a entender que la cuenca hidrográfica puede distinguirse bajo dos marcos principales: Un marco biofísico que la define conceptualmente como tal, y un marco político referido puntualmente a su manejo, rehabilitación y ordenamiento (2).

Es el espacio territorial limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal que se integra al mar, lago u otro río más grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas “divortium aquarum”. Los límites están claramente marcados y normalmente no corresponden con límites administrativos u otros límites (26).

Es un área 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 “divisoria de aguas” se define naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (25).

3.1.1.2 La Cuenca como Sistema

La cuenca la conforman componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre si, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (25).

Los recursos naturales (agua, suelo, biodiversidad) de la cuenca son renovables si pueden reemplazarse por vía natural o mediante la intervención humana; por el contrario, no son renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo, en forma de las actividades humanas a que están sometidos (25).

3.1.1.3 Parteaguas

“Línea divisoria entre cuencas que corresponde igualmente al límite de una cuenca, es decir, son partes que poseen la mayor cota en una cuenca, También se dice que es la extensión comprendida entre dos valles próximos, que comprende por lo tanto, la línea que separa, a dos vertientes pertenecientes a dos valles distintos” (7).

Es la línea entre cuencas, subcuencas o microcuencas y no es más que los límites determinados por las partes más altas del área y que separan la dirección del flujo de la escorrentía superficial. Esta definición se aplica a cuencas hidrográficas (26).

3.1.1.4 Perímetro de la Cuenca

No es más que la longitud de la cuenca delimitada, determinada sobre la línea que indica el parte aguas de la cuenca y regularmente es determinado mediante la ayuda de un curvómetro (7).

3.1.1.5 Área de la Cuenca

Indica la superficie del área drenada, es decir, desde donde nace el cauce principal hasta el sitio donde se encuentra la estación medidora de caudal que va a servir de base para el estudio hidrológico de la cuenca y cubre el perímetro de la cuenca. Generalmente, se indica en kilómetros cuadrados o hectáreas (7).

3.1.2 Objeto del manejo de una cuenca

El objeto primordial del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, en especial el agua, el bosque y el suelo, considerando al hombre y la comunidad como el agente protector o destructor (25).

El manejo de cuencas consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidades de esos mismos recursos, por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad (25).

El manejo adecuado de una cuenca trata de evitar que los recursos naturales; agua, suelo, flora y fauna, se degraden, eliminen o contaminen, considerando, al mismo tiempo. Que el hombre tiene que obtener suficientes alimentos, adecuada calidad y cantidad de agua, madera, leña (25).

Se debe tener en cuenta que los procesos de intervención humana en las cuencas, implica graves problemas y que las condiciones del uso de la tierra no solo tienen que ver con el manejo, de modo que previamente hay que restaurar las condiciones de producción (25).

3.1.3 Clasificación de Suelos Y Tierras

El pionero de la estructura de las clasificaciones fue Aristóteles y posteriormente el mayor aporte a la ciencia de la clasificación de plantas y animales fue proporcionado por Linneo (1,770-1,778) (34).

Para la clasificación del suelo y la tierra y también para su evaluación, son importantes treinta y dos propiedades del suelo, la tierra y el medio ambiente. Primeramente, están las condiciones externas tales como: la posición fisiográfica, la pendiente, el microrrelieve, erosión y drenaje externo o superficial (34).

En cuanto a las condiciones físicas se menciona: El color del suelo, La profundidad del suelo, permeabilidad del suelo, densidad del suelo, pedregosidad, textura del suelo, estructura del suelo, trabajabilidad o consistencia del suelo, drenaje interno, Capacidad de retención de agua y cantidad de agua disponible. Entre las propiedades químicas importantes, se mencionan, la materia orgánica del suelo, contenido de carbonato de cálcico, capacidad de intercambio de bases, contenido de sal, condiciones tóxicas, cantidad asimilable de fósforo, potasio asimilable, elementos menores y el nivel de fertilidad (34).

También se indica que el factor pendiente es importante para la clasificación detallada de los suelos, así como también para el uso de la tierra, refiriendo que los suelos secundarios ocurren en pendientes más uniformes que los suelos primarios de las lomas y las montañas. Con respecto al color, hace ver que es uno de los caracteres más claros del suelo y que las primeras clasificaciones de los suelos basaban principalmente en el color y en la vegetación y que algunas series de suelos aún se distinguen de otras principalmente por el color. Aclara además que las numerosas especies de suelos, se clasifican en grupos con arreglos a sus propiedades, a sus factores de formación, a su comportamiento y su productividad en el uso y a otras bases de clasificación de suelos comprende su agrupamiento y su denominación (34).

3.1.3.1 Sistemas de clasificación de tierras por capacidad de uso (INAB)

3.1.3.1.1 Descripción de la metodología

Con fines de clasificar y certificar la capacidad de uso de la tierra el INAB hizo una revisión de diferentes sistemas de clasificación que han sido utilizados en la región centroamericana y particularmente en Guatemala. Se adoptó una metodología que combina algunos principios, conceptos y procedimientos de los sistemas o esquemas del departamento de agricultura de Estados Unidos USDA, T.C. Sheng y sus modificaciones, Centro Científico Tropical de Costa Rica C.C.T.

El esquema metodológico propuesto, parte de los siguientes elementos conceptuales:

- Guatemala es un país que a pesar de tener relativamente una extensión territorial, cuenta con gran diversidad de condiciones biofísicas.
- Todas las tierras del país son factibles de clasificación, con excepción de las áreas que han sido sujetas de urbanización en los diferentes asentamientos humanos.
- Se considera un primer nivel representado por la región natural, en la cual esta definida por límites que incluyen criterios geológicos, climáticos, edafológicos e hidrográficos (fisiográficos)
- Se diferencian rangos en los niveles de los factores limitantes, según la región natural en que se dividió el país.
- Las categorías de capacidad de uso, presentan un ordenamiento de mayor a menor intensidad de uso posible.
- Como factores que limitan la utilización de las tierras, se han considerado aquellos que afectan directamente a los usos forestales en cuanto a su crecimiento, manejo y conservación: de fácil medición o estimación y de bajo costo.

3.1.3.1.2 División del país en regiones naturales

Con la finalidad de considerar las variaciones geológicas, topográficas, climáticas y edáficas (fisiográficas), así como la influencia que generan estos componentes sobre la capacidad de uso de las tierras, se hizo una división del país en lo que se le denominó regiones naturales.

Las regiones definidas son las siguientes:

- Tierras de la llanura costera del pacífico
- Tierras volcánicas de la boca costa
- Tierras altas volcánicas
- Tierras metamórficas
- Tierras calizas altas del norte
- Tierras calizas bajas del norte
- Tierras de las llanuras de inundación del norte (12).

3.1.3.1.2.1 Tierras Metamórficas

Se encuentran a inmediaciones de la falla del río Motagua, incluye suelos formados a partir de materiales geológicos tales como filitas, esquistos, dioritas, serpentina, gneis: pueden considerarse inclusiones, algunas calizas que se localizan dentro de esta región, sobre todo en el extremo este del departamento de Izabal. También pueden considerarse como inclusiones algunos valles con cubiertas de pómez, tal es el caso de Rabinal y San Jerónimo Salamá. El extremo sur de esta región, lo constituyen las tierras altas volcánicas y el extremo norte los materiales calizos (12).

La región se distribuye desde los límites de los departamentos de San Marcos y Huehuetenango y atraviesa los departamentos de Quiché, Baja Verapaz, Progreso, Zacapa, Chiquimula, Izabal (12).

Entre los usos de la tierra predominante de esta región, se encuentran, tierras con bosque, cultivos de subsistencia (maíz y frijol).

3.1.3.1.3 Factores que determinan la capacidad de uso de la tierra

Entre los factores que se consideran como determinantes están la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno. Ambos varían en sus rangos dentro de las regiones en que se dividió el país. Adicionalmente se consideran la pedregosidad (superficial e interna) y el drenaje superficial como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra. Estos cuatro factores fueron considerados dentro del esquema adoptado en virtud física para el crecimiento, manejo y conservación, de una unidad de tierra cuando es utilizada para propósitos específicos como usos de naturaleza forestal y agroforestal (12).

3.1.3.1.4 Descripción de las variables y forma de estimarlas

Como ya fue mencionado, la metodología adoptada utiliza únicamente variables físicas, pendiente, profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje, las que se describen como sigue:

A. Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de los terrenos (unidades de tierra) expresado en porcentajes. Los rangos de pendiente son variables dentro de cada uno de las regiones naturales que se han definido en la presente metodología. A nivel de gabinete se estima por medio de técnicas cartográficas utilizando mapas de curvas a nivel. No debe olvidarse que lo que va a determinar la clasificación en una unidad cartográfica, es la pendiente máxima, es decir la mayor inclinación que presenta la unidad, expresada en porcentaje.

B. Profundidad Efectiva del Suelo

Se refiere a la profundidad máxima del suelo susceptible de ser penetrada por sistemas radiculares de plantas, nativas o cultivadas, dentro de toda la gama de usos agropecuarios y forestales posibles. No se considera parte de la profundidad efectiva horizontes r o capas endurecidas en forma natural o por efectos de labranza.

C. Pedregosidad

Se refiere a la presencia de fracciones mayores a las gravas (0.045 metros de diámetro), sobre la superficie del suelo y dentro del perfil del mismo (12).

3.1.3.1.5 Categorías de Capacidad de Uso

Las categorías de capacidad de uso que se emplean en la metodología, se ordenan en forma decreciente en cuanto a la intensidad de uso soportable sin poner en riesgo la estabilidad física del suelo, se presentan a continuación.

- A. Agricultura Sin limitaciones (A)
- B. Agricultura Con Mejoras (Am)
- C. Agroforestería Con Cultivos Anuales (Aa)
- D. Sistemas Silvopastoriles (Ss)
- E. Agroforestería En Cultivos Permanentes (Ap)
- F. Tierras Forestales Para Producción (F)
- G. Tierras Forestales De Protección (Fp) (12).

3.1.3.1.6 Matrices de decisión y asignación de categorías de uso

Al combinar los niveles de los factores profundidad de suelos y pendientes, se asignan categorías de capacidad de uso. Los rangos de los niveles varían según la región natural en que fue dividido el país.

Los rangos considerados para cada grupo de pendientes pueden considerarse generales, puesto que en alguna región pueden encontrarse valores diferentes, si esto ocurriera, debe ser tomado como inclusiones dentro de los rangos establecidos.

Es importante observar que en las matrices, cuando se considera más de una categoría de uso posible, debe dársele prioridad a la categoría de menor intensidad de uso, de acuerdo a la tendencia del factor limitante que se esté analizando, el cuadro 1 presenta la matriz de capacidad de uso de la tierra (12).

CUADRO 1 Matriz de capacidad de uso de la tierra para la región Tierras Metamórficas.

PENDIENTES (%)					
Profundidad del suelo (cm)	<12	12 – 26	26 – 36	36 - 55	>55
> 90	A	Am/Aa	Ap/F	F/Fp	Fp
50 – 90	A	Am/Aa	Ap/F	F/Fp	Fp
20 – 50	Am/Aa	Aa/Ss	Ap/F	F/Fp	Fp
< 20	Am/Aa	Ss	Fp	Fp	Fp

Fuente: INAB 2000

3.1.3.2 Capacidad de uso de la Tierra

Es el uso más intensivo que permite una unidad de tierra sin deteriorarse, considerándose que los usos menos intensivos son correctos (31).

3.1.4 Recurso Suelo

3.1.4.1 Suelo

Es un cuerpo natural formado a partir de materiales minerales y orgánicos que cubren parte de la superficie terrestre, que contienen materia viva y que pueden soportar vegetación natural y que algunos casos han sido transformados por la actividad humana (1).

Otros autores lo conceptualizan como una capa de materiales orgánicos y minerales que cubre la corteza terrestre y en la cual las plantas desarrollan sus raíces y toman sus alimentos.

3.1.4.2 Tierra

Área geográfica que comprende el ambiente incluyendo el clima, relieve, hidrología y vegetación. Entre sus componentes se encuentran las actividades humanas. Es un concepto que incluye al mismo suelo (31).

3.1.4.3 Pedón

Pedón es el volumen más pequeño de lo que se pueda llamar suelo. El pedón tiene tres dimensiones; su límite inferior es vago y algo arbitrario entresuelo y “no suelo”. Los límites laterales no son los suficientemente grandes como para permitir el estudio de la naturaleza de cualesquiera de los horizontes presentes. Su área va de uno a 10 metros cuadrados, lo que depende de la variabilidad de los horizontes. La forma de un pedón se representa como una forma hexagonal (1).

3.1.4.4 Perfil de Suelo

Es una parte del pedón, que se encuentra en forma perpendicular a la superficie del terreno y tiene dos dimensiones (ancho y profundidad). El perfil está compuesto por horizontes o capas del suelo, las cuales se han formado como consecuencia de los procesos genéticos que dieron lugar al desarrollo y formación del suelo (31).

3.1.4.5 Horizonte

Es una capa más o menos paralela a la superficie del suelo, que se ha originado por procesos de formación del mismo. El término “capa” es aplicado al nombrar los componentes relativos al material parental u originario (31).

3.1.4.6 Calicata

Es un agujero que abre en el suelo, generalmente de superficie rectangular y profundidad variable, en dónde se puede observar, describir y muestrear los horizontes que comprende el perfil de un suelo. Las dimensiones comunes son de 1 x 2 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad. Recibe otros nombres como: pozo de observación de trinchera (31).

3.1.5 Recurso Bosque

3.1.5.1 Efecto de la cobertura forestal sobre el régimen hídrico de la cuenca

Se reconoce que una cobertura forestal puede tener efectos importantes directos sobre los regímenes hidráulicos a través de pérdidas mayores por interceptación, absorción radical y evaporación. También se ha mencionado que las grandes regiones forestales pueden influir en el clima de la zona por medio de un incremento en la precipitación y en el caudal de las corrientes que no se les compara con regiones no forestadas que existen sobre suelos similares (20).

Se reconoce que el bosque, en su condición natural, ofrece un óptimo régimen de aguas y capacidad de conservar el suelo. Pese a ello, existen grandes extensiones de terrenos degradados y el problema de las inundaciones se hace cada día mayor. Aunque no es posible atribuir toda la culpa a la deforestación, puede estimarse que se trata de una de las principales causas. De lo anterior se desprende la importancia que podrían tener los sistemas de pastoreo en los cuales exista al mismo tiempo una buena densidad de árboles (24).

Los problemas de inundaciones pueden aumentarse a causa de palizadas y exceso de despojos y sedimentos provocados por la erosión incontrolada y la deforestación aguas arriba. A menudo, la

principal función del bosque, como protección contra inundaciones, es la de prevenir desprendimientos de tierra y mantener el sedimento grueso y otros restos fuera de la corriente.

Estos materiales con frecuencia, obstaculizan los cauces y elevan los niveles de crecidas del río. Luego, las presas de los despojos pueden romperse y dar origen a avenidas catastróficas o corrientes de barro (24).

Respecto al consumo de agua por la cobertura forestal, debe definitivamente abandonarse la creencia popular de que tal tipo de vegetación aumenta la precipitación y por consiguiente el caudal de los embalses. Estos estudios indican que el bosque consume más agua que una vegetación más baja, pero tiene una gran importancia en las cordilleras tropicales húmedas como protector del suelo y regulador de caudales. A parte de la influencia benéfica sobre el balance hídrico y el suelo, el bosque manejado es una fuente de materia prima importante como la madera (24).

Generalmente existe controversia, con respecto al efecto de la vegetación artificial sobre el consumo de agua en las cuencas hidrográficas. En las zonas húmedas varios autores comentan que no existe evidencia de que el bosque nativo consuma menos agua que las plantaciones forestales a una misma altitud y que las especies forestales tienen diferentes demandas de agua en plantaciones de la misma densidad sobre sitios similares. Von Chisten citado por De las Salas 1989 citado por (Pritchett 1986), opina que hay especies de alta y baja eficiencia de utilización de agua para la producción de madera, y que los cultivos agrícolas intensivos consumen probablemente una cantidad similar de agua que las plantaciones forestales comerciales. En la zona sub húmeda y seca, la reducción relativa de la producción de agua por las plantaciones forestales es crítica, ya que hay sitios en donde la precipitación no es suficiente para una reforestación comercial, sobre todo debido a época de sequía larga (24).

Existe, por otra parte, especies que pueden adaptarse a las condiciones de sequía y por lo tanto son capaces de extraer más agua del suelo durante épocas secas marcadas. Por lo tanto, dichas especies están fuera de consideración para proyectos en los cuales el objetivo es la producción hídrica. Pereira concluye que los bosques nunca deben cortarse o plantarse en gran escala, sin un estudio juicioso de los cambios del potencial hidrológico esperados bajo tales cubiertas vegetales. Cambios en gran escala en el uso de la tierra pueden preverse a menudo a través de muchos años, particularmente cuando los proyectos se realizan para obtener una combinación de agua y madera. La reducción del riesgo, al involucrar trabajo experimental en las cuencas, puede ahorrar mucho dinero. La escorrentía superficial también puede ser alta, bajo algunas coberturas arbóreas tropicales. De este modo no es suficiente considerar una cobertura de árboles siempre como una buena protección para las cuencas, ya que las mismas especies, la calidad de los rodales, los efectos de los nutrimentos forestales, las practicas silviculturales y otros factores deben tomarse en cuenta (24).

3.1.6 Recurso agua

3.1.6.1 Orden de una Corriente

Es la medida de las ramificaciones del cauce principal en una cuenca hidrográfica, el número de orden va con relación al número de bifurcaciones de una corriente (8).

3.1.6.2 Curva de Nivel

Línea curva compleja, resultante de interceptar al relieve por un plano horizontal. Esta línea representa el trazado formal de la superficie del terreno a una altura.

Por lo tanto, una curva de nivel, es una línea trazada en el mapa por puntos de la misma altitud. La línea formada por la costa en el momento que el mar alcanza su nivel medio se llama “Curva de nivel de elevación cero” pues el nivel medio del mar se toma como plano de referencia para medir la altitud de las otras curvas de nivel (8).

3.1.6.3 Pendiente

Se obtiene utilizando la relación entre el desnivel de la cuenca y la longitud promedio de la misma. El desnivel se puede obtener por intermedio de las curvas de nivel (8).

3.1.6.4 Efecto del área sobre el Caudal

3.1.6.4.1 Efecto del área sobre el Caudal Máximo

Si todos los factores incluyendo la profundidad, la infiltración y la intensidad de lluvia permanecen constantes, la escorrentía total expresada en mm. De profundidad sobre el área de drenaje será la misma independientemente del área de la cuenca. En otras palabras, mientras mayor es el área mayor será el tiempo para que la crecida pase por una estación dada, ya que esta intensidad varía inversamente con el área cubierta por la tormenta. De esta forma si se expresan las crecidas en $m^3/seg/km^2$. Se tendría que son más intensas para las cuencas pequeñas y viceversa para las cuencas grandes (5).

3.1.6.4.2 Efecto del área sobre el Caudal Medio

Estudios realizados en varias cuencas de drenaje revelan que la producción promedio unitaria raramente se mantiene constante a través de la longitud del canal de la corriente. Las razones de este cambio son usualmente atribuidas a condiciones superficiales, es decir, el carácter de la cuenca raras veces es el mismo a través de un sistema de drenaje. Estas variaciones, por lo tanto no directamente son atribuibles al tamaño de una cuenca sino a otros factores (5).

3.1.6.4.3 Efecto del área sobre el Caudal Mínimo

Después de que termina la escorrentía superficial el caudal es producido solamente por aguas subterráneas. Consecuentemente a medida que este almacenamiento se ve agotado se seca; a menos que el almacenamiento sea nuevamente llenado por la precipitación. Las lluvias que vuelven a llenar el almacenamiento son frecuentemente locales y cubren el área de pocos km^2 por lo tanto, es más posible que las cuencas grandes tengan un caudal sostenido en sequía que cuencas pequeñas (5).

3.1.6.5 Tipología de las Cuencas

Consiste en la clasificación de las cuencas de acuerdo a sus características físicas y socioeconómicas, para lo cual se han propuesto varios criterios que a continuación se expresan (7).

3.1.6.6 Según el uso dominante de la tierra.

Existen cinco tipos:

- Urbanas
- Agrícolas
- Pecuarias
- Forestales
- Usos múltiples.

Puede darse especificación de subtipo, por ejemplo: Cuenca de bosque artificial o bosque degradado. etc.

3.1.6.7 Según el tipo Dominante de tenencia de la Tierra

Existen tres tipos básicos:

- Propiedad privada
- Baldía
- Municipal

En el tipo baldío, o sea del estado aparecen tres subtipos, que son: no ocupados, ocupados o invadidos y adquiridos con fines específicos de estado.

3.1.6.8 Según el tipo dominante de Explotación agrícola

Se distinguen cinco tipos principales de cuencas:

- Minifundio
- Latifundio
- Empresarial
- Comunal
- Cooperativa

3.1.6.9 Según la existencia del área con Régimen Jurídico Especial

Se pueden dar los siguientes casos:

- De reserva hidráulica
- Zona Protectora
- Parque Nacional
- Reserva forestal
- Área crítica con prioridad de tratamiento
- Otras

3.1.6.10 Según la altitud de las cuencas se clasifican en

- Altas
- Medias
- Bajas

3.1.6.11 Según el área

Se dividen en los siguientes tipos:

- Cuenca hidrográfica
- Cuenca grande
- Subcuenca
- Microcuenca

3.1.6.12 Según el Proceso Dominante Erosivo

Pueden darse los siguientes casos:

- Con vocación inducida, ya sea natural o artificial.
- Con potencial de represamiento por material proveniente de otra vertiente
- Por torrentes especiales (Karst, terremotos, etc.)

3.1.6.13 Según el torrente hidrológico de las crecidas

Se clasifican en:

- Microcuencas de torrentes
- Subcuencas de ríos torrenciales
- Cuencas de ríos grandes

3.1.6.14 Según la Torrencialidad

Pueden clasificarse en tres tipos:

- Flujo torrencial
- Lava torrencial
- Crecida de solo sedimento de grano fino

3.1.6.15 Según el clima

Se clasifican en dos grupos básicos:

- Cuencas de zonas húmedas
- Cuencas de zonas áridas o semiáridas

3.1.6.16 Según el tratamiento aplicado

Se dan los siguientes casos:

- Cuencas demostrativas

- Cuencas experimentales
- Cuencas representativas
- Cuencas sin tratamiento
- Cuencas en recuperación o estabilización (7).

3.1.7 Cartografía y sistemas de información geográfica

3.1.7.1 Fotogrametría

Ciencia de tomar medidas a través de fotografías u otros tipos de imágenes para realizar mapas físicos, inclusive los mapas topográficos.

Las fotogrametrías utilizan usualmente fotografías tomadas por una cámara fotográfica especial desde un avión, aunque también pueden utilizarse las imágenes tomadas desde una nave espacial. Las distorsiones de la fotografía se corrigen utilizando un aparato denominado restituidor fotogramétrico. Este proyector crea una imagen tridimensional al combinar las fotografías superpuestas del mismo terreno tomadas desde ángulos diferentes. Los límites, las carreteras y otros elementos se trazan a partir de una imagen tridimensional para formar una base a partir de la cual se realizará el mapa (18).

3.1.7.2 Teledetección

Cualquier método empleado para obtener información a distancia sobre un objeto o una zona. Las cámaras y otros instrumentos que recogen y registran esta información se denominan sensores. La teledetección implica frecuentemente el uso de aviones o satélites artificiales que transportan diferentes tipos de sensores. Estos sistemas de teledetección se emplean en forma habitual para el reconocimiento, la confección de mapas y la observación de los recursos y el medio ambiente de la Tierra. También se han empleado para explorar otros planetas (18).

La mayoría de los sensores remotos registran la energía electromagnética radiada o reflejada por los objetos. La forma más familiar de energía electromagnética es la luz. Cuando la película de una cámara se expone a la luz, está registrando la energía electromagnética. Muchos sistemas de teledetección toman fotografías; otros registran energía electromagnética invisible como rayos infrarrojos o microondas (18).

3.1.7.3 Sensores Remotos

Las cámaras fotográficas son unos de los sensores remotos más frecuentes. Desde finales de la década de 1,930, los científicos han fotografiado regularmente la superficie de la tierra desde aviones. Esas fotografías se han empleado para levantar mapas, registrar cambios del suelo o los bosques, planificar ciudades y observa operaciones militares (18).

Los sensores especiales denominados exploradores multiespectrales proporcionan electrónicamente datos en varias zonas del espectro electromagnético (18).

Los sensores infrarrojos y de microondas registran energía electromagnética invisible. El calor de los objetos pueden medirse por la energía infrarroja que irradian. Los sensores infrarrojos crean imágenes que muestran las variaciones de temperatura en una zona. Los científicos emplean

imágenes infrarrojas para determinar las condiciones de vegetación, estudiar los cambios de temperatura en la superficie del agua, localizar daños en canalizaciones subterráneas y registrar determinados accidentes geográficos superficiales y subterráneos (18).

Los sensores de microondas, como el radar, transmiten ondas electromagnéticas hacia un objeto y registran las ondas que este refleja. A diferencia de otros sensores, los de microondas pueden recoger información sobre una zona a través de las nubes (18).

3.1.7.4 Fotografía Aérea

Las cámaras especiales, instaladas en aviones sobre soportes antivibraciones, suelen estar equipadas con varios lentes y con grandes cargadores de película. Se utilizan en inspecciones de superficies extensas de terreno para cartografía, en el análisis del crecimiento de las ciudades para posterior urbanización, en el descubrimiento de restos de antiguas civilizaciones y para observar la Tierra y la distribución de la fauna y de la flora. Las cámaras montadas en los satélites también se utilizan para este tipo de fotografía (18).

3.1.7.5 Geodesia

Ciencia matemática que tiene por objeto determinar y diseñar de forma gráfica, la extensión y posición de los elementos que se encuentran sobre o por debajo de la superficie de la tierra, con fines de control, es decir, para establecer la ordenación de tierras, los límites de construcción y para verificar las dimensiones de las edificaciones. Los límites de los terrenos se establecen o se miden para obtener una descripción exacta de los mismos; la topografía de los terrenos, de los elementos naturales y artificiales, las principales construcciones y obras de ingeniería como embalses, puentes, carreteras, y caminos que también se reflejen en los mapas gracias a los levantamientos geodésicos. Las mediciones en un estudio topográfico son lineales o angulares y aplican generalmente principios de geometría y trigonometría (18).

3.1.7.6 Cartografía

La cartografía o trazado de mapas es, al mismo tiempo, un conjunto de técnicas y una materia de estudio académico. La realización de mapas requería tradicionalmente:

- 1) La habilidad para encontrar y seleccionar la información sobre diferentes aspectos de la geografía, partiendo de fuentes diversas y, después, la técnica para poder sintetizar los resultados en un único grupo de datos consistente y preciso.
- 2) Técnicas y habilidades de diseño con el fin de crear un mapa final que consiga representar con fidelidad la información, para que los lectores, que poseen diferentes grados de habilidad en la lectura de mapas, puedan interpretarlo correctamente.
- 3) Destreza manual para dibujar la información mediante símbolos, líneas y colores, de modo que el amontonamiento o el desorden sean mínimos y el mapa resulte legible en todas sus partes.

- 4) Técnica de diseño gráfico para simplificar los dibujos, muchas veces complejos, y convertirlos en algo más inteligible.

Pero los mapas no son solo creaciones artísticas que muestran las habilidades de sus creadores, sino que son al mismo tiempo, documentos históricos y sociológicos. Así, los primeros mapas producidos por instituciones cartográficas oficiales a comienzos del siglo XIX, suponen un archivo de información de vital importancia sobre la evolución del paisaje hasta nuestros días, ya que muestran industrias olvidadas y antiguas líneas de ferrocarril o caminos hoy abandonados. Estos mapas proporcionan pruebas sobre tierras que pueden estar contaminadas debido a la utilización que de ellas se hizo en el pasado. Otro ejemplo en esta línea, aunque más siniestro, es la utilización que se hizo de los mapas en la Alemania nazi con fines propagandísticos, donde los mapas servían para demostrar la "amenaza" que suponían los Polacos y los europeos orientales que estaban "superando en número y rodeando" al pueblo alemán. La realización de mapas y las circunstancias en que se efectuaron son temas de estudio académico, ya que pueden explicar ciertos aspectos de la mentalidad de esa época histórica (18).

No existe un modo correcto de trazar mapas. El modo depende de las herramientas de las que dispone el cartógrafo, del propósito del mapa y de la base de conocimientos. Sin embargo, si existen diversos métodos empíricos que pueden servir de guía al cartógrafo (18).

3.1.7.7 Mapas Topográficos

El tipo básico de mapa utilizado para representar áreas del terreno es el mapa topográfico. Estos mapas muestran los elementos naturales del área analizados y también ciertos elementos artificiales que se denominan elementos naturales o culturales. También muestran fronteras políticas, como pueden ser los límites de las ciudades, de las provincias o de los Estados. Los mapas topográficos, debido a la gran cantidad de información que tienen, se utilizan a menudo como mapas generales de consulta (18).

3.1.7.8 Mapas Temáticos o específicos

Entre los mapas más importantes realizados con una función especial, están las cartas de navegación marítima (náuticas) y las cartas de navegación aérea (aeronáuticas). Las cartas de navegación aérea para que se utilicen sobre el terreno, se asemejan en cierto modo a los mapas topográficos, pero contienen también la situación de los radiofaros, de los corredores aéreos y de las áreas cubiertas por los campos de transmisión de las estaciones de radio (18).

Otros mapas específicos son: los mapas políticos, que muestran sólo las ciudades y las divisiones políticas administrativas sin rasgos topográficos; los mapas geológicos que muestran la edad de las rocas y la estructura geológica de un área y los mapas que indican la distribución geográfica de los cultivos, la utilización del terreno, las precipitaciones y muchos otros tipos de datos naturales y sociales. Otro tipo de mapa muy útil es el mapa en relieve, la escala vertical de estos mapas es muy superior a la escala horizontal. Estos mapas también pueden fabricarse estampando láminas de plástico en un molde. Los mapas en relieve se utilizan mucho en planificación militar y en ingeniería (18).

3.1.7.9 Elementos Básicos de un Mapa

Para que un mapa pueda contener gran cantidad de información de fácil lectura, debe emplearse un sistema de símbolos. Muchos de los símbolos que se utilizan generalmente se han convertido en algo ya aceptado a nivel general o son fácilmente comprensibles. De este modo, las ciudades y los pueblos se señalan con puntos o superficies sombreadas, los arroyos o las masas de agua suelen imprimirse en azul, y las fronteras políticas se representan generalmente mediante franjas de colores o líneas de puntos (18).

3.1.7.10 Coordenadas Geográficas

Con el fin de localizar un elemento en un mapa o describir la extensión de un área, es necesario referirse a las coordenadas geográficas del mismo. Estas coordenadas geográficas se basan en los meridianos de longitud y en los paralelos de latitud. Por acuerdo, la longitud se mide hasta 180° E y hasta 180° O a partir de los 0° , en el meridiano de referencia que pasa por Greenwich Inglaterra. La latitud se mide hasta 90° N y hasta 0° sobre el ecuador. La localización de un punto en el mapa puede definirse con precisión por los grados, minutos y segundos de latitud y longitud. Los mapas están orientados de tal manera que, generalmente, el norte verdadero ocupa la parte superior de la lámina y lleva una rosa de los vientos que señala hacia el polo magnético o dispone de algún otro tipo de identificación de la variación magnética (18).

3.1.7.11 Escala

La escala en la que se dibuja un mapa representa la relación entre la distancia de dos puntos de la Tierra y la distancia de los puntos que se corresponden con ellos en el mapa. La escala numérica se representa en cifras, como por ejemplo: 1:100,000, lo que indica que una cantidad de medida en el mapa (por ejemplo 1 cm) representa 100,000 de las mismas unidades (según el ejemplo, son o equivalen a 1 Km) en la superficie terrestre. Un mapa realizado con la escala del ejemplo, se denomina a veces un mapa de un centímetro a un kilómetro (18).

3.1.7.12 Relieve

Las variaciones de altitud de colinas y montañas y las profundidades de valles y gargantas, tal como aparecen en un mapa topográfico, se conocen como relieve; a menos que el relieve esté adecuadamente representado, el mapa no da una imagen clara del área que representa. Las curvas de nivel unen los puntos, en el área, que aparecen en el mapa, que tienen una misma altitud. El intervalo entre las curvas de nivel o equidistancia que se seleccione es la magnitud (dependiendo de la cantidad de relieve y de la escala del mapa) (18).

Existen otros métodos para indicar la altitud como puede ser la utilización de colores (o tintas hipsométricas) y de rayados perpendiculares (pequeñas líneas paralelas) o sombreados. Cuando los colores se utilizan para este fin, se selecciona una serie graduada de tonos para colorear áreas de una faja altitudinal semejante; por ejemplo, todos los terrenos con una altitud entre 0 y 100 metros, pueden colorearse con una ligera sombra verde, todos los terrenos entre 100 y 200 metros con una sombra más oscura y así sucesivamente (18).

3.1.7.13 Sistemas de información geográfica

Se entiende por sistema de información geográfica, un sistema de información asistido por la computadora para ingresar, manipular y desplegar datos especiales, cuyo objetivo es tener: ubicación espacial del problema en estudio, un sistema normal de recolección de datos, información organizada, información actualizada, información instantánea, representación gráfica del problema y permitir modelos complejos (27).

El sistema de información geográfico (SIG) se puede definir como un instrumento para crear y actualizar mapas, es decir que constituye una técnica para combinar e interpretar mapas (14).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Algunos estudios de cuencas realizados en el país

3.2.1.1 Priorización de cuencas de las vertientes de la República de Guatemala

Presenta un resumen de la actividad de priorización realizada en la vertiente del Pacífico, del Caribe y del Golfo de México, en las cuales fueron seleccionadas las cuencas del río Achiguate, río Grande de Zacapa y Chixoy, como las aéreas donde la FAUSAC realizará su investigación en materiales de Manejo de Cuencas. Para la priorización de cuencas hidrográficas se prefirió emplear un proceso de tamizaje de las cuencas de las dos vertientes desde el punto de vista de intereses institucionales. En el caso de las cuencas de la vertiente del pacífico se hizo un tamizaje preliminar. Los parámetros a considerarse fue la accesibilidad, la variabilidad de las zonas de vida, el área de la cuenca, la existencia de investigaciones previas de la FAUSAC y se tomo en cuenta la posibilidad de recibir apoyo institucional. Se tomo en cuenta la existencia de información hidrológica y climatológica. Los parámetros específicos incluyeron aspectos relacionados con los recursos hidráulicos, forestales y suelo, así como las características socioeconómicas de cada cuenca. En cuanto a los recursos hidráulicos se tomo en cuenta el peligro de inundaciones y el grado de deterioro del recurso. En cuanto al aspecto forestal se considero el aspecto de porcentaje del área cubierta con bosque y la inclusión de áreas protegidas. En cuanto al recurso suelo, se tomo en cuenta la susceptibilidad a la erosión y grado de deterioro del recurso. Los aspectos socioeconómicos involucraron aspectos generales de demografía como la densidad y la distribución espacial de la población. En base a los resultados obtenidos se propone que las cuencas prioritarias para la vertiente del Pacífico, Caribe y Golfo de México sean la del río Achiguate, río Grande de Zacapa y Chixoy (35).

3.2.1.2 Priorización de subcuencas del río Achiguate, en Guatemala, Centro América

El objetivo de esta investigación es realizar las características y deterioro ambiental en la cuenca del río Achiguate y establecer el orden prioritario de las subcuencas con base al grado de deterioro ambiental y potencial de utilización con fines de investigación y docencia. Se seleccionaron las variables a usar en las subcuencas como los aspectos biofísicos y el grado de presión sobre los recursos, lo cual se estableció a través de la densidad poblacional para cada subcuenca. Dando como resultado siete subcuencas (Itzapa, Negro, San Luis, Blanco, Nimaya, Pensativo y Sta. Maria). En cada subcuenca se determinaron las características morfométricas como área, altitud, ancho y longitud, así mismo la capacidad de uso de la tierra, curso del agua, intensidad de uso y densidad poblacional. Concluyendo en la priorización de las subcuencas del río Achiguate en el siguiente orden Itzapa, Pensativo, San Luis, Negro, Sat. Maria, Blanco y Nimaya (32).

3.2.1.3 Investigación básica para la planificación del manejo de la cuenca de Itzapa

La Facultad de Agronomía, desarrollo investigaciones y actividades de manejo en la cuenca del río Itzapa, Chimaltenango durante más de 10 años siendo la cuenca piloto de la institución. El diagnóstico de la cuenca hidrográfica del río Itzapa, Chimaltenango, es la primera etapa de un proyecto de 10 años de duración para crear una cuenca piloto en la que se pueda evaluar y monitorear diversos factores para proponer técnicas alternativas de manejo de los recursos

naturales renovables presentes, lo cual vendrá a significar un uso sostenido de los recursos. Entre los principales factores tomados en cuenta para este estudio son: características socioeconómicas, entre las que destacan: población, tenencia y uso de la tierra y actividades productivas; impacto de la agricultura bajo riego, estudios biofísicos, clasificación taxonómica de suelos, uso de la tierra, capacidad de uso de la tierra, intensidad de uso de la tierra, estudios hidrometeorológicos, análisis de la precipitación pluvial, análisis de evaporación, distribución de temperaturas, registros hidrométricos, obtención de registros meteorológicos, procesamiento de datos, estudio de calidad de agua, estudios de erosión de suelos (20).

3.2.1.4 Estudio de las comunidades forestales de la cuenca del Río Cocol

Méndez (16) estudio las comunidades forestales de la cuenca del río Cocol, Joyabaj, Quiche, el cual es un tributario indirecto del río Motagua. El bosque de esta cuenca presenta un considerable grado de deterioro, al ser influenciado por una relativamente alta densidad poblacional. Este trabajo es un estudio ecológico que permitió hacer una definición y una caracterización de las comunidades forestales de la cuenca, generando así información útil para la implementación de medidas tendientes a la conservación de ese bosque, el cual es de suma importancia por los múltiples beneficios que el mismo brinda a la población. Concluyo que la cuenca del río Cocol presenta un considerable grado de deterioro, al ser influenciado por una relativa alta densidad poblacional, en la cual debido a las necesidades básicas se ha destruido el bosque en varias formas, principalmente mediante la sustitución de áreas de los moradores del mismo por cultivos de granos básicos. En esa manera el área boscosa ha ido disminuyendo constantemente, sin implementarse medidas para su conservación, sin ni siquiera tenerse un conocimiento científico de sus principales características, que pudiera servir de base para la implementación de aquéllas. A partir de información adicional obtenida de las unidades muestrales para árboles, determino el valor de importancia de las especies encontradas en el estrato arbóreo y con base en esta información realizó una clasificación de los rodales, llegando a definir y a posteriormente describir en forma florística fundamentalmente doce tipos forestales, los cuales fueron: *Pinus montezumae*-*Pinus oocarpa*, *Quercus skinneri*, *Pinus montezumae*, *Quercus peduncularis*, *Pinus oocarpa*-*Quercus candicans*-*Quercus peduncularis*, *Quercus peduncularis*-*Pinus sp*, *Pinus oocarpa*-*Quercus conspersa*-*Pinus montezumae*, *Quercus brachystachys*-*Quercus peduncularis*, *Pinus oocarpa*-*Quercus candicans*, *Quercus crispifolia* y espinoso. Determinó también, que a nivel general el bosque, las especies con mayor significancia ecológica en el estrato arbóreo fueron en su orden: *Pinus oocarpa* Schiede, *Quercus peduncularis* Nee y *Pinus montezumae* Lambert.

3.2.1.5 Identificación de áreas de recarga hídrica natural en los lugares que desaguan en el río Tzulba, formador del río Caquil

El río Caquil es formado por otros dos ríos. Uno de ellos es el río Tzulba. El agua que desagua en el río Tzulba tiene una extensión de 28.32 km² es una unidad muy especial de captación y regulación hídrica, porque en ella se localizan los nacimientos que aseguran el suministro de agua a los pobladores del área y de la cabecera municipal de Joyabaj. Actualmente se reporta pérdida de nacimientos y reducción del caudal de las fuentes de agua. Esto en parte se debe a la alteración de las condiciones favorables de recarga hídrica. El objetivo principal del estudio fue identificar las principales áreas de recarga hídrica natural y áreas críticas de mayor susceptibilidad a disminuir la recarga. Dentro de los resultados obtenidos se estimó una precipitación anual de 1,706 mm en la parte alta (Xeabaj) y 1,232 mm en la parte baja (Caquil), debido al comportamiento orográfico (causado por las montañas) de la precipitación. También se estimó una

evapotranspiración anual de 1,372 mm en la parte alta y 1,518 mm en la parte baja. Se demostró así que a mayor elevación sobre el nivel del mar, la evapotranspiración disminuye, siguiendo el patrón de la temperatura.

La escorrentía superficial (agua que corre sobre el suelo) medida en campo es de 10,372,506 m³/año. En total se inventariaron dieciocho nacimientos, que se localizan, arriba de la altitud de 2,000 msnm, determinándose que tienen un volumen de descarga de 1,327,436 m³/año. De estos, se registro que seis están siendo captados en su punto de salida por proyectos de agua para la población de la microcuenca y que el caudal de otros dos nacimientos es captado en la corriente del río principal, por el proyecto de agua de la municipalidad de Joyabaj. Está beneficiando a 11,000 personas aproximadamente. Se estima que la recarga hídrica natural potencial para la microcuenca del río Tzulba es de 4,414,851 m³/año. Se concluyó que la principal área de recarga hídrica natural potencial y área crítica con alta susceptibilidad de disminuir la recarga, se localiza en la parte alta de la microcuenca del río Tzulba, a partir de la altitud 1,900 msnm. Conociendo las principales áreas de recarga hídrica natural de la microcuenca, se recomienda implementar normas especiales de manejo en unidades con cobertura forestal y restaurar o rehabilitar las áreas deforestadas, especialmente las ubicadas en áreas críticas de recarga hídrica. Esto para que las mismas mantengan la capacidad de recarga y de esta forma asegurar el suministro de agua a la población de la microcuenca y de la cabecera municipal de Joyabaj (6).

3.2.1.6 Estudio socioeconómico de la microcuenca del río Tzulba (río Xeabaj)

El río Tzulba es el que abastece parte del agua que se consume en el casco urbano del municipio de Joyabaj y las comunidades rurales que se encuentran en la parte baja de la microcuenca de este río. Con el estudio socioeconómico del área de la microcuenca del río Tzulba, se trató de cumplir con el objeto de realizar la caracterización socioeconómica de las comunidades que se encuentran en esta área, con el propósito de establecer su relación con los recursos naturales renovables. Dentro de las recomendaciones que se dan destacan las siguientes: considerando que la mayoría de pobladores de la microcuenca pertenecen a la etnia Quiché, cualquier acción y proyecto que se implemente. Debe respetar los valores, creencias y patrones culturales de sus habitantes. Deben involucrarse los integrantes de los comités comunitarios de desarrollo COCODES, alcaldes auxiliares y ancianos. Es importante la presencia más directa en el área de programa de desarrollo forestal a través del Instituto Nacional de Bosques INAB y la oficina de Planificación Municipal OPM. La población de esta microcuenca deberá recibir una educación ambiental y la capacitación para realizar actividades productivas amigables con el ambiente y que procure un uso sostenible de los recursos (15).

3.2.2 Características del área de estudio

3.2.2.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en la cuenca del río Pasaguay, del municipio de Joyabaj, en el departamento de Quiché (figura 1). Esta limita al norte con el caserío Chixquina, al este con la aldea Caquil, al oeste con la aldea Xeabaj y Mixá, al sur con la aldea Talaxcoc (9).

La cuenca del río Pasaguay se encuentra comprendida entre los meridianos 90°44'40" de longitud y los paralelos 14°59'20" de latitud, a 1750 MSNM. (figura 2) (9).

3.2.2.2 Área

El área de estudio de la cuenca del río Pasaguay, Joyabaj, Quiche tiene una extensión de 2660 ha.

3.2.2.3 Geología

Esta área se caracteriza por materiales geológicos constituidos por rocas filitas, dioritas, serpentinas (10).

3.2.2.4 Suelos

La mayor parte del territorio, está ubicado en la región de las tierras altas cristalinas del altiplano central, con montañas bajas y colinas moderadamente escarpadas, corresponde al altiplano occidental, sierra de Chuacus, con montañas fuertemente escarpadas. En la figura 3 se presenta el mapa de series de suelos de la cuenca (28).

3.2.2.5 Clima y Zonas de vida

De acuerdo con la metodología de Holdridge (De la Cruz 1982), (figura 4) el área de estudio se enmarca en dos zonas de vida las cuales se encuentran clasificadas como: Bosque Húmedo Subtropical Templado y Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical.

El Bosque Húmedo Subtropical Templado (bhs(t)) se caracteriza por tener precipitaciones de 1100 a 1349 mm como promedio anual. La temperatura promedio anual varía entre 20 a 26 grados centígrados. Los terrenos son ondulados a accidentados y escarpados y

El Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bhmb) se caracteriza por tener una precipitación anual que varía entre 1057 a 1588 mm, con temperaturas medias anuales de 15 a 23 grados centígrados. La topografía es plana y en las áreas accidentales está cubierta por vegetación.

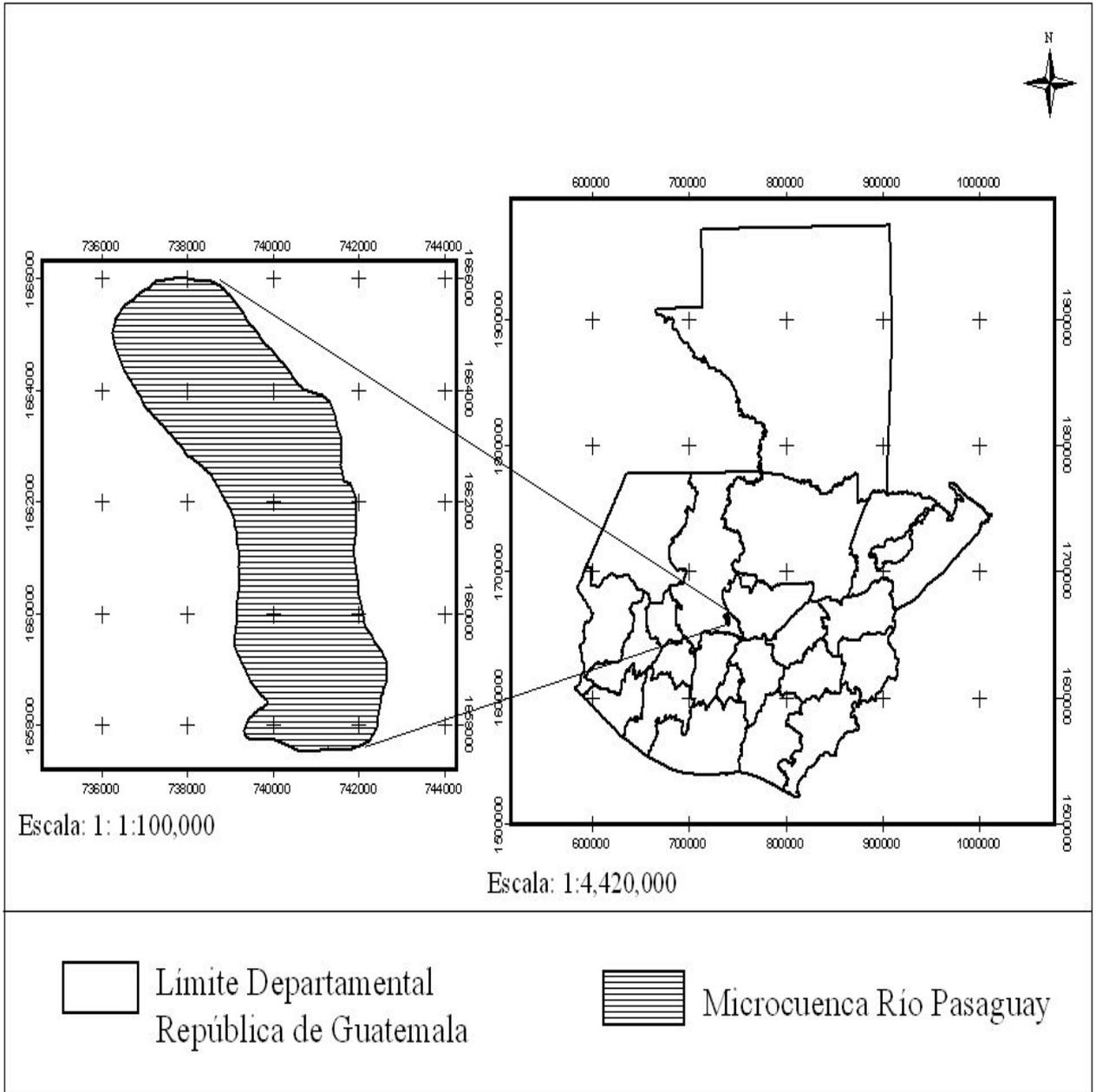


Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Pasaguay en el país

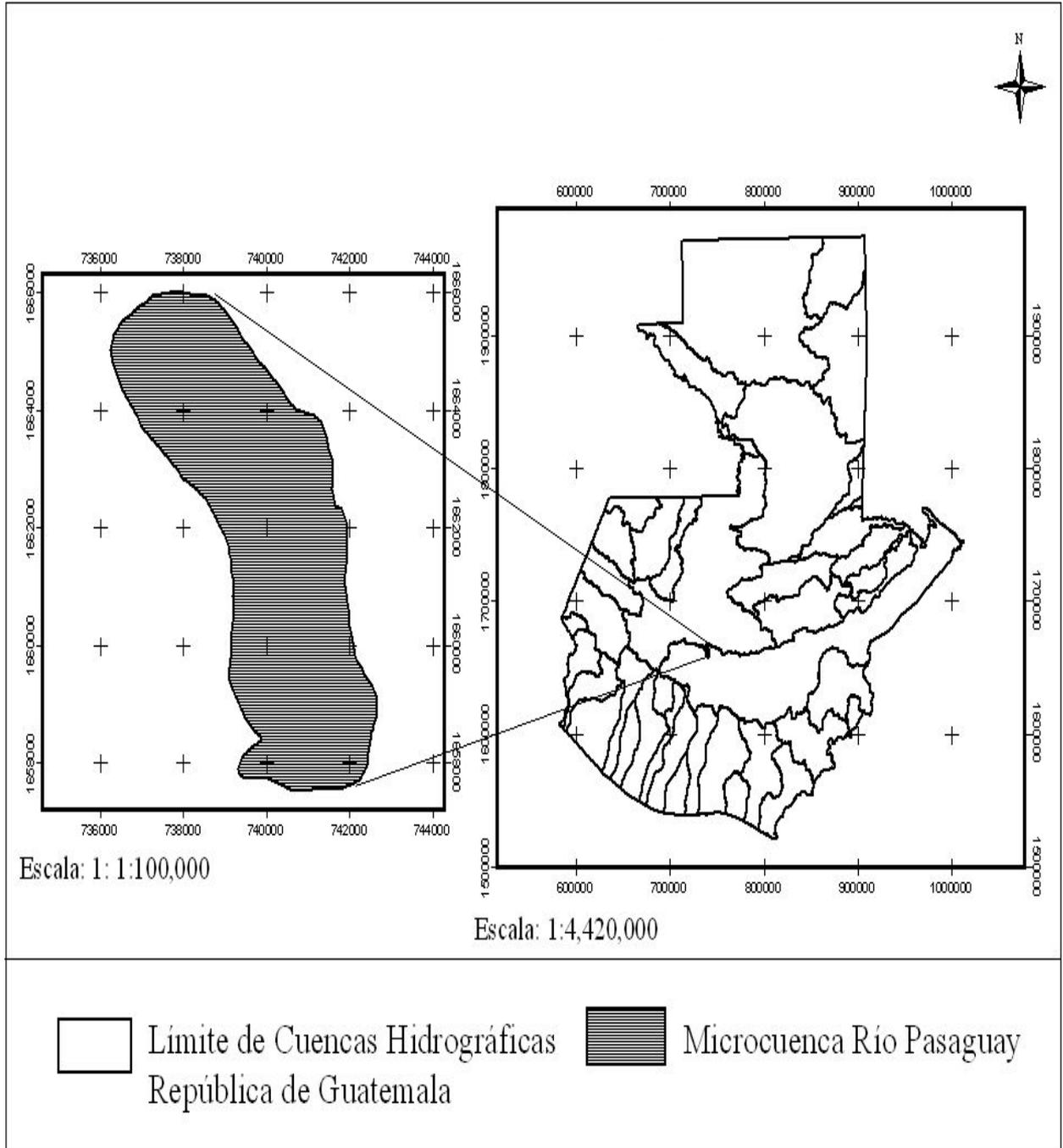


Figura 2. Ubicación de la cuenca del río Pasaguay en la cuenca del río Motagua.

3.2.2.6 Hidrografía

El río Pasaguay se origina al sur del cerro Chimachó, entre los caseríos Xebalamguac y Chicotom. Con un curso de noreste a suroeste, en la aldea Caquil recibe el río Tzulba. 1 1/2 km aguas abajo rumbo sur le afluye al río Pasaguay. Cambia su rumbo hacia el sureste. 1 1/2 km al sur de la aldea Palibatz recibe el río El Arco. Al oeste del sitio arqueológico Cucul y al norte de la finca Santa Ana El Pumay descarga en el río grande o Motagua, 1/2 km al este de la desembocadura del río Blanco en el propio Motagua (10).

3.2.2.7 Vegetación

En la cuenca del río Pasaguay entre algunas de las especies predominantes se encuentran

Aliso	<i>(Alnus jorulensis)</i>
Pino	<i>(Pinus pseudostrobus)</i>
Pino colorado	<i>(Pinus oocarpa)</i>
Pino macho o de ocote	<i>(Pinus montezumae)</i>
Encino	<i>(Quercus sp.)</i>
Nance	<i>(Byrsonima crassifolia)</i>
Duraznillo	<i>(Ostrya sp.)</i> (4).

3.2.2.8 Características Socioeconómicas

3.2.2.8.1 Población

La población de la cuenca del río Pasaguay en el año 2002 era de 8659 habitantes, de las cuales el 97.7% son de etnia quiché y un 2.7% son ladinos (13).

3.2.2.8.2 Accesibilidad

El área de estudio se encuentra a 20 km de la cabecera municipal y es transitable todo el año (11).

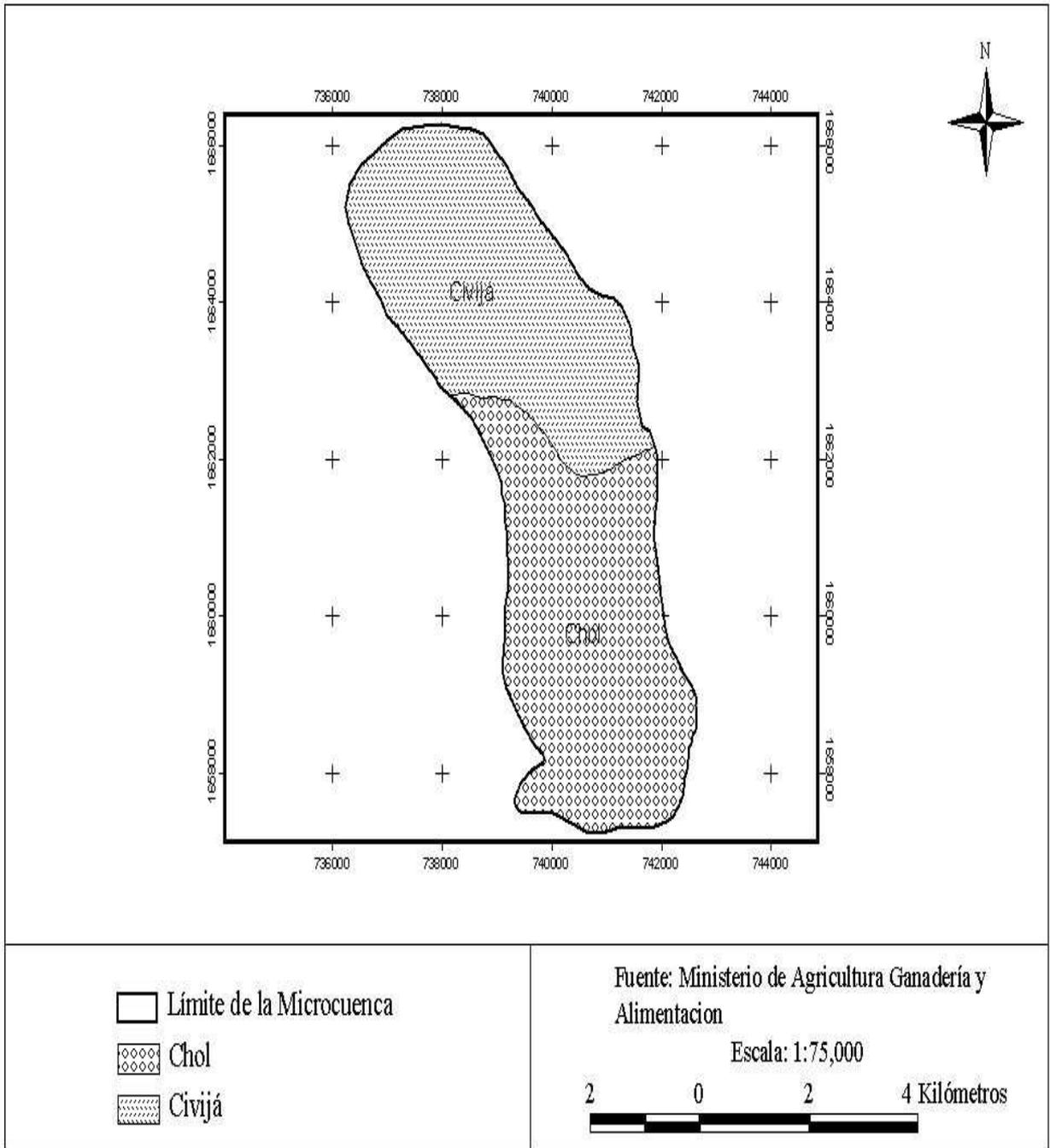


Figura 3. Mapa de series de suelos según Simmons de la cuenca del río Pasaguay

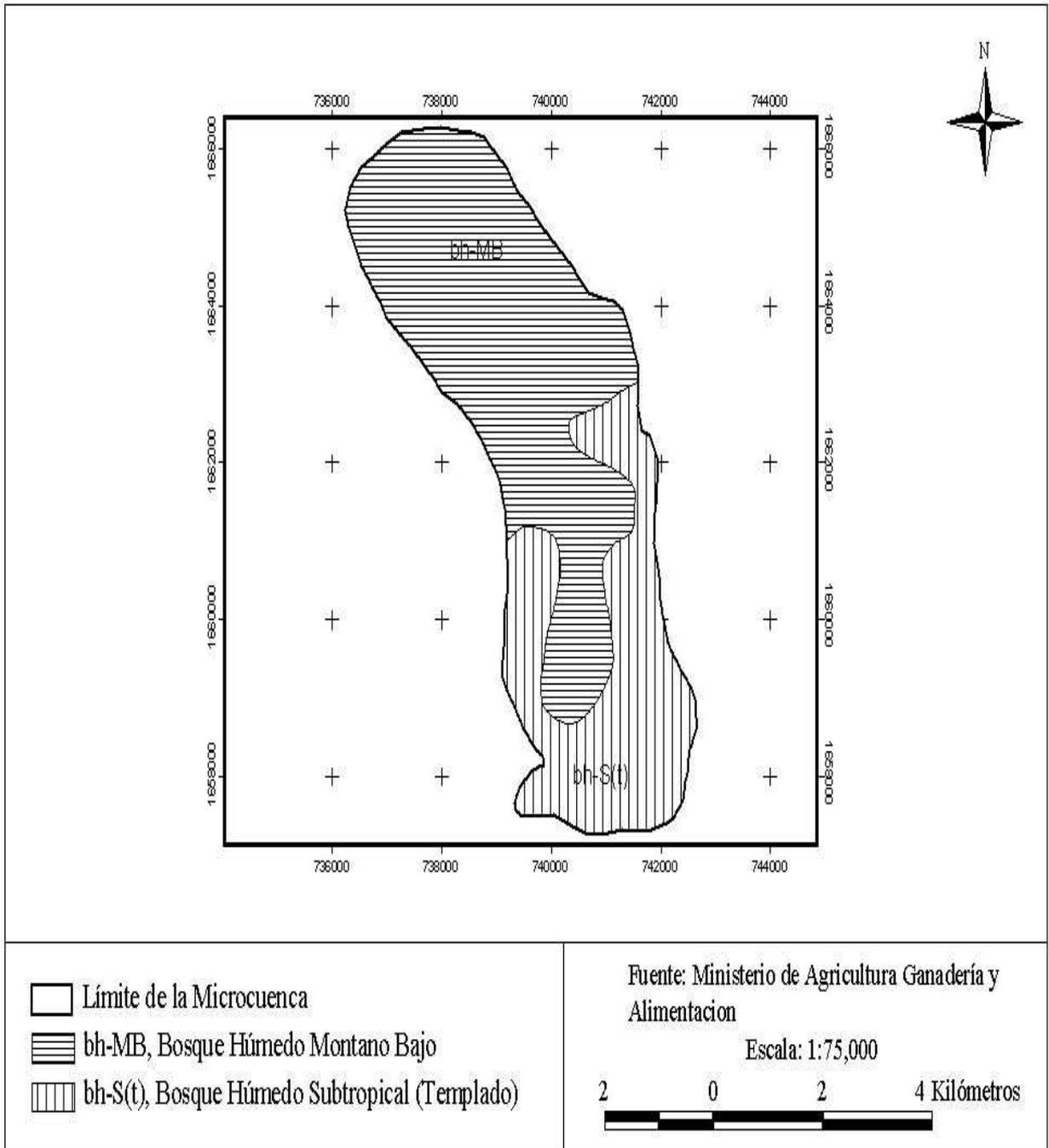


Figura 4. Mapa de Zonas de vida dentro de la cuenca del río Pasaguay.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Caracterizar los recursos naturales renovables de la cuenca del río Pasaguay, Joyabaj, Quiché en forma preliminar, para el planteamiento de lineamientos de manejo en forma general.

4.2 Objetivos Específicos

- 4.2.1 Caracterizar los recursos naturales renovables (suelo, bosque y agua) de la cuenca del río Pasaguay en forma preliminar.
- 4.2.2 Determinar las características socioeconómicas de la población que habita en la cuenca del río Pasaguay y su influencia sobre el uso de los recursos naturales renovables del área.
- 4.2.3 Proponer lineamientos generales para el manejo de los recursos naturales renovables de la cuenca del río Pasaguay.

5. METODOLOGÍA

5.1 Reconocimiento del área de estudio

Se realizaron reconocimientos preliminares a través de caminamientos en el área de estudio con el objeto de obtener una idea general de la situación del área.

5.2 Recopilación de información secundaria

Se revisó información escrita, cartográfica y fotográfica existente sobre el área.

5.3 Caracterización Morfométrica

La determinación de las características morfométricas de la cuenca, como lo son el perímetro, clase y orden de corrientes, radio de bifurcación medio, longitud media de corrientes, pendiente media del cauce, área y forma de la cuenca, se realizó utilizando la hoja Quiché escala 1:50,000 (IGM 1984). Se realizaron chequeos de campo, utilizando el geoposicionador global para identificar la ubicación de áreas en donde se tenía dudas, como en el caso del límite de la cuenca, dentro de los aspectos de forma.

Estas características se dividieron en los siguientes aspectos:

5.3.1 Aspectos lineales

A. Perímetro: Fue determinado después de haber delimitado la cuenca en la hoja cartográfica, por medio de un longímetro o curvímetro, pasando éste encima de la línea que limita el parteaguas de la cuenca.

B. Clase de corrientes: Estas fueron delimitadas de acuerdo a su presencia en el mapa cartográfico como permanentes, intermitentes y por último, las corrientes efímeras que fueron determinadas o trazadas de acuerdo al drenaje natural existente, mostrado por las curvas de nivel.

C. Orden de corrientes: Fueron determinadas utilizando la clasificación de Horton, describiendo corrientes de primer orden aquellas que provienen de un pequeño tributario de la cuenca, de segundo orden aquella que esta formadas por corrientes de primer orden y así sucesivamente. El orden de la cuenca estará dado por el orden del cauce principal de la misma.

D. Radio de bifurcación medio: Este fue determinado por la siguiente ecuación:

$$R_b = \frac{N_u}{N(u + 1)}$$

Donde:

N_u = Número de corriente u.

$N(u + 1)$ = Número de corrientes de orden superior siguiente.

i = número de relaciones $i = 1 \dots n$

$$R_b = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} R_{bi}}{n}$$

E. Longitud media de corrientes: Se tomó como indicador de pendientes a manera que corrientes con longitudes cortas indicaran pendientes más fuertes, mientras las longitudes largas reflejan pendientes suaves. La longitud media de corrientes fue calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$Lu = \frac{\text{Longitud acumulada de corrientes de orden } u}{Nu}$$

5.3.2 Aspectos de Superficie

A. área de la cuenca: Fue determinada al momento de realizar el mapa digital de la cuenca por medio de sistemas de información geográfica.

B. Forma de la cuenca: Esta fue determinada ya que la forma de la cuenca es de fundamental importancia en la cantidad de escorrentía para una misma área y una misma intensidad de lluvia. El factor de forma da alguna indicación de las avenidas en el cauce. El factor de forma se determinó de la siguiente manera:

$$Rf = \frac{Ak}{Lc^2}$$

Donde:

Ak = área de la cuenca

Lc = Longitud del cauce principal, medido desde el nacimiento del cauce hasta la salida de la cuenca.

5.3.3 Aspectos de relieve

A. Pendiente media de la cuenca: Este aspecto tiene una relación importante con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea. Para su determinación se utilizó el método de Alvord, que a continuación se describe:

$$Sc = \frac{D \times L}{Ak} * 100$$

Donde:

D = Diferencia vertical entre curvas de nivel.

L = Longitud de las curvas de nivel dentro de la cuenca

Ak = área de la cuenca

Después de la determinación de dichas características, se procedió a representarlas gráficamente, por medio de la realización de un mapa de las mismas a escala 1:50,000. Este se realizó por medio del computador y paquetes de digitalización y Sistemas de Información Geográfica. Estos mapas se elaboraron en la Unidad de Sistemas de Información Geográfica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USIG).

5.4 Clasificación de tierras por capacidad de uso (Metodología del INAB)

El procedimiento general a seguir para la aplicación del sistema de clasificación de tierras, se realiza en las siguientes fases (12).

5.4.1 Primera fase de gabinete

5.4.1.1 Recopilación y análisis de información biofísica sobre el área

Se realizó con el fin de tener un conocimiento general del área. Se determinaron la localización geográfica, ubicación política, acceso, extensión, información relevante sobre el clima y sus principales variables tales como precipitación pluvial, temperatura, vientos y otras características del área como zonas de vida, formas de la tierra y origen de los suelos, clasificaciones existentes sobre el sitio.

5.4.1.2 Elaboración del mapa de unidades fisiográficas

Mediante técnicas de interpretación cartográfica y aerofotográfica, se definieron y delimitaron las unidades de mapeo, las cuales constituyen la base del muestreo en la fase de campo. La definición de estas unidades estuvo basada en una interpretación fisiográfica de las tierras, es decir, en un análisis del paisaje.

El análisis por el cual se definen las unidades de mapeo consideró los componentes de geología, clima, topografía, suelos, hidrografía. Para esta actividad se tomó en cuenta la escala a la cual convenía realizar el trabajo.

La escala del levantamiento en los estudios de capacidad de uso de la tierra depende entre otras cosas, del grado de detalle que se requiere (objetivos específicos del estudio), de la escala del material cartográfico y aerofotográfico y de los recursos con que se cuente. En el cuadro 2 se presenta la clasificación de las posibles escalas a utilizar.

CUADRO 2 Escala y/o niveles de trabajo a utilizar en la aplicación de la metodología adoptada por el INAB.

Nivel del Levantamiento	Escala de Publicación de Mapas	Escala de Fotografías a Utilizar	Clasificación del Paisaje
Detallado	1/10,000 – 1/25,000	1:20,000 o Ampliaciones	Elementos del paisaje
Semidetallado	1:50,000 – 1:25,000	1:40,000 a 1:20,000	Subpaisaje
General	1:50,000 – 1/100,000	1:70,000 a 1:40,000	Paisaje

Fuente: INAB 2000

Para áreas menores a 15 hectáreas (21.4 manzanas), la separación de unidades de tierra es posible trabajarla a nivel de campo por caminamientos y observaciones visuales y/o auxiliados de hojas cartográficas o fotografías ampliadas; es decir, que el análisis del paisaje a través de técnicas de interpretación cartográfica y fotoidentificación serán un auxiliar importante.

La escala más conveniente para los estudios de capacidad de uso de la tierra, con esta metodología es de 1/50,000, en su defecto se pueden usar múltiplos como 1/25,000 o 1/100,000. Lo anterior obedece a la naturaleza de la base cartográfica del país. La escala que se uso fue de 1:50,000 y la clasificación del paisaje empleada es de paisaje (12).

5.4.1.3 Elaboración del mapa de pendientes

En este mapa se pueden clasificar unidades por pendiente con base en el mapa cartográfico (curvas de nivel). Fue elaborado en forma automatizada mediante procedimientos de Sistema Información Geográfico basado en técnicas cartográficas. Una descripción detallada de la técnica de elaboración de este mapa puede encontrarse en los trabajos de Ferreiro (1984), Sheng (1990), Eastman (1992), Nitler (1993), Velásquez (1994), y otros.

Cuando se mencionan niveles de levantamiento, se hace referencia a la intensidad de muestreo u observaciones y medición de las variables utilizadas para la metodología. En ese sentido, cuando el objetivo del estudio requiera mayor precisión se aumenta la intensidad del muestreo (estudio detallado) y, cuando el estudio no requiera más que un nivel general, el número de observaciones en el campo disminuye (12).

Para áreas con pendientes menores de 10 %, en superficies menores de 15 ha, o en las áreas muy complejas como las regiones kársticas, no es conveniente usar mapa de curvas de nivel para la elaboración de un mapa de pendientes, entonces las pendientes se deben establecer directamente en el campo, con el equipo que se disponga (12).

5.4.1.4 Mapa de uso de la tierra

En esta fase se recomienda elaborar un mapa preliminar de uso de la tierra, en términos de cobertura. La leyenda a utilizar debe estar acorde con las categorías de uso mayor establecidas por los organismos especializados en el tema, tales como el Instituto Geográfico Nacional. Este mapa es útil para dar recomendaciones de manejo y validación de la metodología de clasificación adoptada por el INAB.

Se incluyeron las siguientes categorías; centros urbanos o poblados, tierras con cultivos (anuales o permanentes), tierras con pastos (naturales o cultivados), tierras con bosque (puro o mixto, de coníferas o latifoliado).

5.4.2 Fase de campo

5.4.2.1 Verificación de los límites de las unidades de mapeo

Esta actividad se hizo por caminamientos, observaciones visuales y barrenamientos. Se llega a homogenizar las distintas unidades de tierra con base en criterios fisiográficos, cuya base principal es el relieve. En el caso de estudios cuya clasificación del paisaje se requiere hacer a nivel de elementos del paisaje, la separación de los mismos deberá hacerse con esta base.

5.4.2.2 Determinación de profundidades de suelo y factores modificadores

Sobre el mapa de unidades de tierra (unidades fisiográficas), o en boletas de campo, se anotaron las profundidades efectivas de los suelos de cada unidad cartográfica previamente delimitada en

gabinete y verificada en campo. Adicionalmente en cada unidad se realizaron las anotaciones del nivel en que se manifiestan los factores modificadores en caso de estar presentes. La profundidad efectiva de suelos se midió a través de perfiles representativos, utilizando cortes de caminos, en el caso de los factores modificadores, se midieron según el indicador adoptado para cada factor. En función de la manifestación de los factores modificadores se separaron, sobre el mapa de unidades fisiográficas, áreas limitantes para posteriormente utilizarse en la asignación de categorías de capacidad de uso (12).

5.4.2.3 Chequeo del mapa de pendientes

Consistió en realizar chequeos, mediante mediciones en campo de las pendientes máximas en las unidades previamente definidas en gabinete, con el propósito de corroborar y hacer los ajustes correspondientes. Esto se hizo dentro de las lecturas que se hicieron en el mapa de unidades de tierra. Las pendientes fueron medidas con clinómetro (12).

5.4.2.4 Chequeo de mapa de cobertura y uso de la tierra

Con base en lo mencionado anteriormente se procedió a las verificaciones y/o modificaciones de las unidades de cobertura y uso de la tierra predominante en cada una de las unidades, preliminarmente definidas en la primera fase del gabinete (12).

5.4.3 Segunda fase de gabinete

5.4.3.1 Integración del mapa de unidades de tierra

Con el mapa base de unidades cartográficas y con la información del factor limitante profundidad del suelo fue elaborado el mapa temático sobre profundidades del suelo. Esto implicó que algunas unidades tuvieran que unirse o bien desagregarse en otras.

5.4.3.2 Elaboración del mapa de capacidad de uso

A cada unidad de tierra identificada en el mapa resultante del proceso anterior, con base en los niveles adoptados por cada factor limitante, se le asigna una categoría de capacidad de uso (12).

5.5 Clasificación de tierras por tipo de cobertura

Las fotografías aéreas obtenidas se fotointerpretaron para posteriormente verificar y actualizar la información a través de chequeos de campo. Durante los recorridos se delimitaron las áreas, utilizando un geoposicionador.

5.6 Intensidad de uso de la tierra

Para la planificación del uso adecuado de la tierra y las necesidades de conservación, se elaboró un mapa que muestre la intensidad de uso de la tierra, el cual es producto de la sobre posición entre el mapa de capacidad de uso y el mapa de uso de la tierra. Esto se realizó con el fin de identificar zonas que se encuentren bajo la clasificación siguiente:

A. Subuso, áreas en las que el uso actual está por debajo de la capacidad de uso de la tierra; B. Sobre-uso, cuando el suelo actual sobrepasa los límites de capacidad de uso de la tierra, y C. Uso

adecuado, los terrenos se utilizan actualmente dentro de los límites de su capacidad, pero en algunos casos son necesarios los tratamientos de conservación de suelos

5.7 Características del Recurso Hídrico

5.7.1 Balance Hídrico

A. Precipitación Pluvial: Se realizó un análisis de la precipitación pluvial en la cuenca con registros de las estaciones meteorológicas.

Las características de ubicación geográfica y altitud de dichas estaciones se observan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características de las estaciones meteorológicas consideradas para el análisis de los factores climáticos de la cuenca del río Pasaguay

Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Precipitación media (mm)
Chinique	15°02'38``	91°01'28``	1880	2572.6
Chixoyquiche (Chicaman)	15°21'22``	90°39'38``	680	1516.7
Nebaj	15°23'53``	91°08'32``	1906	2030.7
Chitinamit (Santa Cruz de el Quiche)	15°17'18``	91°05'10``	1180	842.1
Chuiguilá (Chichicastenango)	14°57'10``	91°06'27``	2025	1306.0
San Pedro Jocopilas	----	----	----	1170.3

Fuente: INSIVUMEH 2004

5.7.2 Registro de Manantiales

Se realizó por medio de observaciones y caminamiento del área de estudio, donde se ubicó cada manantial por medio de coordenadas y altitud. Los mismos fueron ploteados en el mapa respectivo

5.7.3 Calidad física y química

Se realizaron dos muestreos del agua superficial, uno al inicio de la época seca (noviembre) y otro al finalizar la época seca (abril). Se utilizaron recipientes plásticos esterilizados con capacidad de un galón para recolectar la muestra que posteriormente fue analizada en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

5.7.4 Calidad Bacteriológica

Se practicaron dos muestreos simples del agua superficial, al inicio de la época seca (noviembre) y el otro al finalizar la época seca (abril). Se utilizaron frascos de vidrio esterilizados de tapadera

esmerilada de 250 ml. de capacidad, trasportándolos en refrigeración al laboratorio de la Facultad de Ingeniería antes de pasadas 8 horas desde el momento del muestreo. En el laboratorio de química y microbiología sanitaria de la Facultad de Ingeniería se realizaron las pruebas presuntivas y confirmativas utilizando la misma técnica.

5.8 Características Socioeconómicas de la cuenca

Se obtuvo información acerca de aspectos sociales, culturales y demográficos en la municipalidad y hospital distrital. Se realizaron entrevistas con líderes comunitarios de acuerdo a la boleta del apéndice 1. Las variables en las que se agrupara la información fueron: demografía, tenencia de la tierra, actividades productivas, utilización de los recursos naturales, infraestructura y servicios y organización política y social

5.9 Diagnóstico de la cuenca

5.9.1 Metodología Participativa

Se utilizó el Diagnóstico Rural Participativa (DRP) como metodología para realizar el diagnóstico socioeconómico de la cuenca. Se realizaron sondeos y entrevistas a las personas de los centros poblados de la cuenca de río Pasaguay, aplicando la siguiente metodología:

Reloj de 24 horas (1hora)

Las señoras tomaron mayor interés en el reloj de 24 horas. Esta actividad se realizó con la participación de todas las mujeres y hombres en donde daban su opinión abiertamente la cual se anotaba en un reloj dibujado sobre una cartulina.

A. Historial de la comunidad (2 horas)

La realización de esta actividad fue difícil ya que la mayoría de señores y señoras no sabían muchas cosas de su comunidad y se concretaban en exponer sobre lo que ellos han vivido.

B. Calendario de actividades (1 hora)

Esta actividad se desarrolló con mayor facilidad, ya que ellos la entendieron muy bien exponiendo lo que realizan individualmente y conjuntamente con las mujeres, desde el inicio hasta finalizar la jornada.

Se recopiló toda la información de acuerdo al orden de los meses.

C. Mapa actual (1 hora)

En primera instancia se explicó rápidamente cada una de las herramientas de cómo elaborar un mapa, en donde se debe incluir todo lo que nos rodea, montañas, construcciones, casas, escuelas, iglesias, caminos, ríos, etc. Para esta actividad se les proporcionó cartulina, lápices, marcadores.

D. Mapa futuro (media hora)

Este mapa se desarrolló con facilidad, tomándose como base el mapa actual se le agregó lo que ellos pensaban y aspiran realizar en el futuro en orden de prioridad.

E. Diagrama institucional (media hora)

Este diagrama indica la participación y apoyo hacia las comunidades de las diferentes organizaciones que ha hecho aportes para la solución de necesidades prioritarias de la comunidad. Actualmente las organizaciones que contribuyen al desarrollo son: La Municipalidad, puesto de salud, Intervida, FIS, MAGA.

5.10 Propuesta de manejo

La propuesta presenta programas y proyectos que puedan facilitar o solucionar la problemática identificada en los procesos de encuesta y consulta. Fue presentada a los líderes de las comunidades y autoridades locales (alcaldes auxiliares) de la cuenca. La propuesta incluye, la conservación de los recursos naturales renovables, así como problemas socioeconómicos. En el apéndice 4 se presenta el listado de participantes.

Se hizo de la siguiente manera:

- 1°. Se determinaron los principales problemas
- 1°. Se realizaron listado de posibles soluciones
- 2°. Se presentaron y discutieron en talleres con los grupos comunales
- 4°. Se priorizó con ellos

Se tomo como base el estudio realizado en la Facultad de Agronomía denominado “Marco del plan de manejo sostenible de los recursos naturales renovables de la cuenca del río Itzapa” (33).

6.11 Descripción de la dinámica de trabajo

Con el apoyo de la Municipalidad, se convocó a una reunión en el salón municipal de la Villa de Joyabaj a los presidentes de los COCODES y alcaldes auxiliares de las comunidades la respuesta fue negativa debido a la distancia de las comunidades de la cuenca del río Pasaguay. Posteriormente se solicitó ayuda a la Coordinación Técnica Administrativa de educación (CTA), para que por medio de los maestros de las diferentes comunidades se convocara a la reunión, ahora, en el salón comunal de la comunidad de Quiacoj. Esto por estar más cerca de las otras comunidades, además por la facilidad en el acceso y brindar las condiciones para poder desarrollar las diversas actividades. Bajo estas condiciones y con una mayor asistencia se tomó la decisión de continuar aquí con las demás reuniones. La aplicación de las herramientas del Diagnóstico Rural Participativo (DRP) se dividió en las siguientes etapas:

- A. Presentación del investigador (tesista) y objetivos del estudio.
- B. Creación de grupos de trabajo. Cada integrante dijo su nombre y la comunidad a la que pertenecía; de esta manera dio inicio la actividad.
- C. Objetivos del Diagnostico Rural Participativo DRP.
- D. Participación de los maestros de las comunidades para trabajar con algunos grupos.
- E. Existió una participación de 23 personas, cuyos nombres se presentan en el apéndice 4

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Clasificación de tierra por capacidad de uso

En el cuadro 4 se observa la clasificación de tierras por capacidad de uso utilizando la metodología del INAB.

Cuadro 4. Clasificación de tierras por capacidad de uso y Análisis de factores y niveles

Unidad de Capacidad	Pendiente del Terreno (%)	Profundidad del suelo (cm)	Capacidad de Uso	Extensión	
				Área (km ²)	Porcentaje
U1	36 – 55	>90, 50-90, 20-50	F/Fp	1.10	4.14
U2	12 – 26	>90, 50-90	Am/Aa	2.83	10.65
U3	20 – 50	>90	Aa/Ss	0.08	0.30
U4	26-36, 36-55, >55	<20	Fp	22.59	84.91
TOTAL				26.6	100

La unidad de capacidad (U1) presenta 36 a 55 % de pendiente con una profundidad de suelo de 20 a >90 cm, ocupa una extensión de 1.1 km² que representa 4.14% del área total de la cuenca del río Pasaguay. La capacidad de uso de la tierra de acuerdo a la metodología del INAB es F/Fp que son Tierras Forestales para Producción (F)/Tierras forestales de Protección (Fp). Son áreas con limitaciones para usos agropecuarios; con aptitud para realizar un manejo forestal sostenible, tanto del bosque nativo como de plantaciones con fines de aprovechamiento. La sustitución del bosque por otros sistemas conllevaría a la degradación productiva de los suelos. Y Tierras forestales de Protección son áreas con limitaciones severas; apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Son tierras marginales para uso agrícola o pecuario intensivo. Tiene como objetivo preservar el ambiente natural, conservar la biodiversidad, así como las fuentes de agua.

La unidad de capacidad (U2) tiene pendientes de 12 a 26% y profundidad del suelo de 50 a >90. Ocupa un área de 2.83 km² que representa 10.65 % del área total de la cuenca del río Pasaguay. La capacidad de uso de la tierra, de acuerdo con la metodología del INAB, es Am/Aa que son Tierras con Agricultura con Mejoras (Am). Am significa aquellas áreas que presentan limitaciones de uso moderadas con respecto a la pendiente, pedregosidad y/o drenaje. Requieren prácticas de manejo y conservación de suelos así como medidas agronómicas relativamente intensas. Agroforestería con cultivos anuales (Aa), son áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad efectiva del suelo, permiten la siembra de cultivos agrícolas asociados con árboles realizando prácticas de conservación de suelos y prácticas o técnicas agronómicas de cultivo.

La unidad de capacidad U3 tiene pendientes de 20 a 50% y profundidad del suelo >90. Comprende un área de 0.08 km², que representa 0.30 % del área total de la cuenca del río Pasaguay. La capacidad de uso de la tierra de acuerdo con la metodología del INAB es Aa/Ss. Aa son tierras de agroforestería con cultivos anuales y sistemas silvopastoriles (Ss), áreas con

limitaciones de pendiente y/o profundidad. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivos y/o asociados con especies arbóreas.

La unidad de capacidad U4, con pendientes de 26 a >55% y profundidad del suelo <20 ocupa un área de 22.59 km², que representa el 84.91 % del área total de la cuenca del río Pasaguay. La capacidad de uso de la tierra de acuerdo con la metodología del INAB es Fp, tierras forestales de protección, áreas con limitaciones severas, apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Son tierras marginales para uso agrícola o pecuario intensivo, preservar el ambiente natural, conservar la biodiversidad, así como las fuentes de agua.

En la figura 5 se observa el mapa de capacidad de uso de la tierra.

6.1.1 Intensidad de uso de la tierra

La intensidad de uso se obtuvo sobreponiendo el mapa de uso de la tierra al mapa de las unidades fisiográficas pues cada una de estas representa una capacidad de uso. Como resultado se delimitaron zonas que se clasificaron de la siguiente forma (Figura 6):

- A. Tierras de Uso correcto: Son las áreas en las que el uso actual corresponde con las características de capacidad de uso de la tierra. Se encontraron zonas ocupadas con uso correcto en algunas partes altas de la cuenca donde, por el difícil acceso, se le dificulta a la población utilizar esas áreas por ello tienen bajo grado de intervención. Además, el bosque de galería, pues las personas protegen porque existe conciencia de que la protección de estas zonas es importante para mantener buenos niveles de cantidad y calidad de agua. El bosque de coníferas que se encuentra en la unidad presenta también un uso adecuado de la tierra; así también las tierras para cultivos anuales y hortalizas están siendo correctamente utilizadas. Las tierras con uso correcto tienen una extensión de 7.41 Km² que corresponde al 27.86% del área de la cuenca.
- B. Tierras en sub uso: Áreas en las que el uso actual está por debajo de la capacidad de uso de la tierra. En la cuenca del río Pasaguay no se encontraron áreas con esta relación de intensidad de uso.
- C. Tierras Sobre Utilizadas: Son áreas en las que el uso actual es superior a la capacidad de uso de la tierra. De acuerdo con las metodologías de capacidad de uso de la tierra utilizadas, la mayor parte de la cuenca se encuentra dentro de las clases de capacidad de uso tierras forestales para producción (F) y tierras forestales de protección (Fp), con limitaciones de pendientes y pedregosidad, por lo que no es apta para usos agropecuarios, que son los que predominan en la región especialmente por la preferencia de la población de cultivar maíz y frijol para autoconsumo. Estas áreas se encuentran distribuidas en todas las partes de la cuenca, sumando un total de 19.19 Km², que representa el 72.14% del total de la cuenca.

6.2 Estudio del Recurso Suelo

6.2.2 Uso de la tierra

A continuación se presenta la descripción de las distintas unidades de uso:

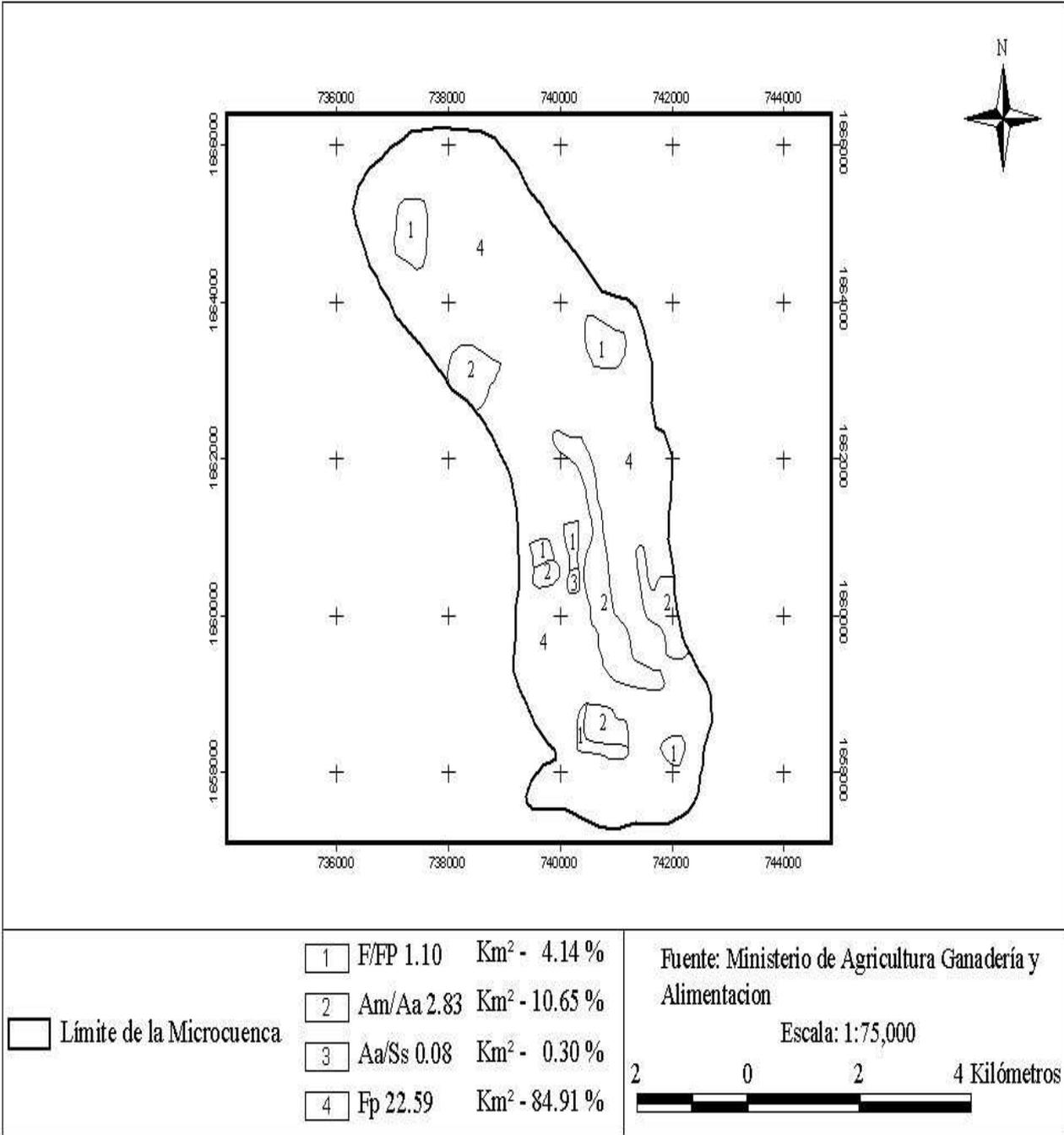


Figura 5. Mapa de capacidad de uso de la tierra de la cuenca del río Pasaguay

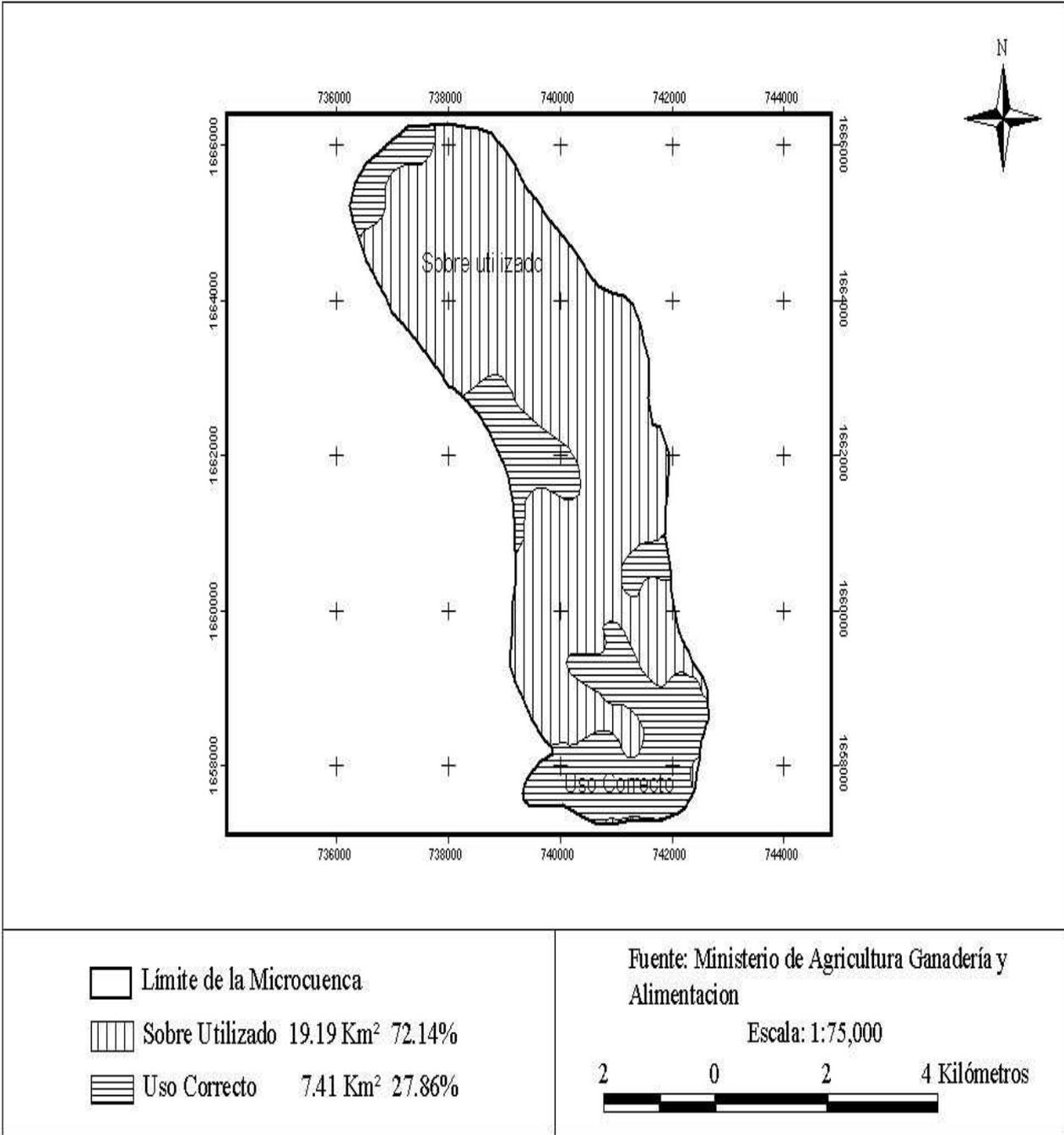


Figura 6. Mapa de intensidad de uso de la tierra de la cuenca del río Pasaguay

6.2.2 1 Centros Poblados

Según la hoja cartográfica a escala 1:50,000, existen 8 caseríos (Chorraxaj, Xeabaj, Pasaguay, Quiacoj, Ixoc, Chijuc, Ocos, Tzitzil) y 1 parajes (Piedras Lisas); teniendo como criterio para definir la ubicación de cada una, los lugares con estructuras de vivienda que se encuentran distribuidas en forma concéntrica. Es común en los centros poblados encontrar infraestructura de servicios como escuelas, salones comunales, templos católicos y evangélicos, campos de fútbol.

6.2.2.2 Cuerpos de Agua

Las aguas que conforman la red hidrográfica de la cuenca del río Pasaguay, se constituyen en la categoría de uso cuerpos de Agua. El cauce principal se denomina río Pasaguay, que cuenta con varios afluentes, siendo los más significativos el río Pajopop, río Tzitzil, quebrada de Ocos, quebrada de Chorraxaj, quebrada Xeabaj, quebrada Quiacoj.

6.2.2.3 Cultivos Anuales

Los cultivos anuales ocupan el 25.23% del territorio de la cuenca, equivalente a 6.71 Km². El principal cultivo es el maíz. El proceso productivo comienza después de las primeras lluvias iniciando las siembras, y en la época seca los terrenos son abandonados o utilizados para pastoreo. El frijol es el segundo cultivo de importancia, asociado con el maíz. La tecnología utilizada en ambos casos es tradicional (limpias y fertilización). El producto obtenido es para autoconsumo (agricultura de subsistencia).

6.2.2.4 Tierras con Bosques de Coníferas

Las especies de pino son pino macho (*Pinus moctezumae*), pino triste (*Pinus pseudostrobus*) y pino colorado (*Pinus oocarpa*), que ocupan el 2.38% del área de la cuenca, equivalente a 0.63 Km². Los principales productos son madera para la construcción de viviendas, leña y extracción de ocote, como fuentes de combustible.

6.2.2.5 Asociación de cultivos anuales y bosque latifoliado

Esta unidad representa el 0.50% del área de la cuenca, ocupando 0.14 Km². Se encuentran asociadas especies como roble y encino (*Quercus spp.*) con cultivos anuales como maíz y frijol. Debido a las condiciones socioeconómicas de las poblaciones predominantes en la cuenca, en donde la agricultura de subsistencia es el proceso productivo común, se da un avance de la frontera agrícola. Los árboles son utilizados para leña, y las unidades productivas son pequeñas y sin una distribución bien definida. La tecnología utilizada es tradicional, realizando limpieas y fertilizaciones.

6.2.2.6 Asociación de cultivos anuales y hortalizas

Esta unidad tiene una extensión de 10.32 Km², equivalente a 38.8% del área de la cuenca. Los cultivos anuales son maíz y frijol y las hortalizas, tomate y chile. La tecnología utilizada en la producción de cultivos anuales es tradicional, practicando limpieas y fertilizaciones, principalmente en época lluviosa. La producción de hortalizas es más tecnificada pues se realizan limpieas, cuidados fitosanitarios y riego.

6.2.2.7 Asociación de cultivos anuales y bosque mixto

Esta unidad tiene una extensión de 8.80 Km², equivalente a 33.09% del área de la cuenca. Los cultivos anuales maíz y frijol, se asocian ocupando espacios dejados tras la deforestación de los bosques latifoliados con especies de encino (*Quercus spp.*), aliso (*Alnus spp.*), y especies de coníferas como pino (*Pinus spp.*). Debido al avance de la frontera agrícola, las tierras con bosques mixtos presentan una baja densidad. Se practica la agricultura de subsistencia o sea para autoconsumo, utilizando tecnología tradicional. La preparación del terreno consiste en quemar la vegetación y se da al inicio de la época lluviosa, además, no se aplican prácticas de conservación de suelos.

En la figura 7 se observa el uso de la tierra de la cuenca.

6.2.2.8 Extensión de las unidades de uso

En el cuadro 5 se presentan los resultados del tamaño de cada unidad de uso.

Cuadro 5. Unidades de uso y superficie que ocupan dentro de la cuenca del Río Pasaguay.

No.	Unidad de uso	Área (Km ²)	Porcentaje
1	Centros Poblados		
2	Cuerpos de Agua		
3	Cultivos Anuales	6.71	25.23
4	Tierras con Bosques de Coníferas	0.63	2.38
5	Asociación de cultivos anuales y bosque latifoliado	0.14	0.50
6	Asociación de cultivos anuales y hortalizas	10.32	38.8
7	Asociación de cultivos anuales y bosque mixto	8.80	33.09
Total		26.6	100

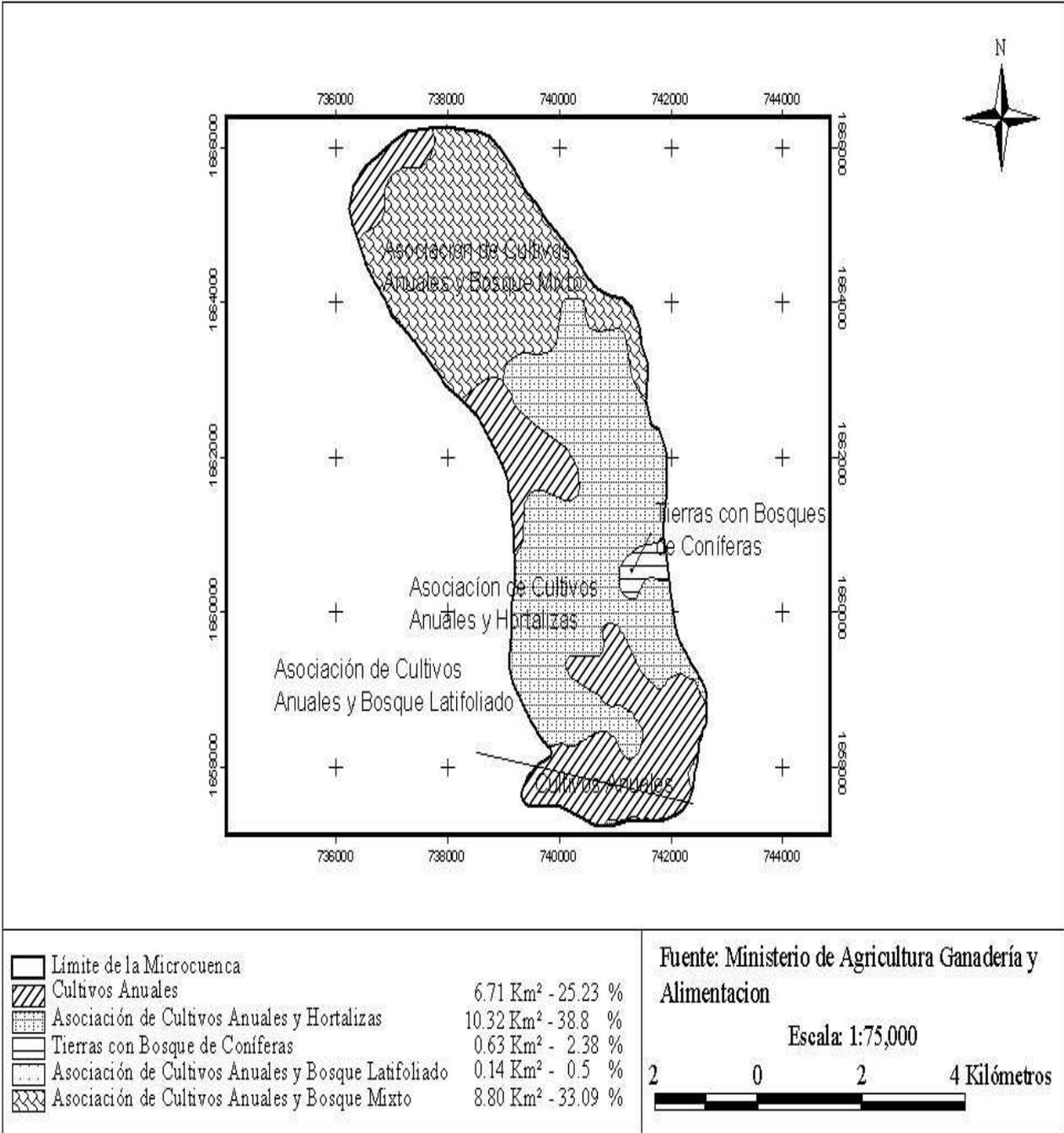


Figura 7. Mapa de uso de la tierra de la cuenca del río Pasaguay

6.3 Estudio del recurso hídrico

El estudio del recurso hídrico se realizó considerando los siguientes aspectos: la distribución tanto en el espacio como en el tiempo, el balance hídrico, calidad física y química y calidad bacteriológica. Las muestras fueron tomadas de los diferentes nacimientos de agua que abastecen al río Pasaguay.

6.3.1 Distribución

Se realizó el estudio morfométrico de la cuenca del río Pasaguay, determinando aspectos lineales, de superficie y de relieve. La figura 8 presenta el mapa hidrológico de la cuenca del río Pasaguay.

A continuación se presentan las características morfométricas de la cuenca del río Pasaguay.

6.3.1.1 Aspectos Lineales

A. Perímetro: 26.25 kilómetros

B. Clase de corriente: 5 corrientes permanentes, 8 intermitentes y 11 efímeras.

C. Orden de corrientes: la cuenca del río Pasaguay es de orden 3. En el cuadro 6 se observa el número de corrientes por cada orden. Se presentan 9 corrientes de orden 1 con una longitud total de 16 km., 3 corrientes de orden 2 con una longitud de 4.65 km. y 1 corriente de orden 3 con una longitud de 5.65 km.

Cuadro 6. Número de orden y longitudes de corrientes de la cuenca del río Pasaguay.

Orden de corriente (U)	Número de corriente (Nu)	Longitud de corriente (Lu) km
1	9	16.00
2	3	4.65
3	1	5.65
	13 (Ntc numero total de corriente)	26.30 (La longitud acumulada)

Con los datos anteriores se construyó la figura 9, colocando en el eje "x" el orden de las corrientes y en el eje "y" el logaritmo del número de corrientes.



Figura 9. Gráfica Log Nu vs. U

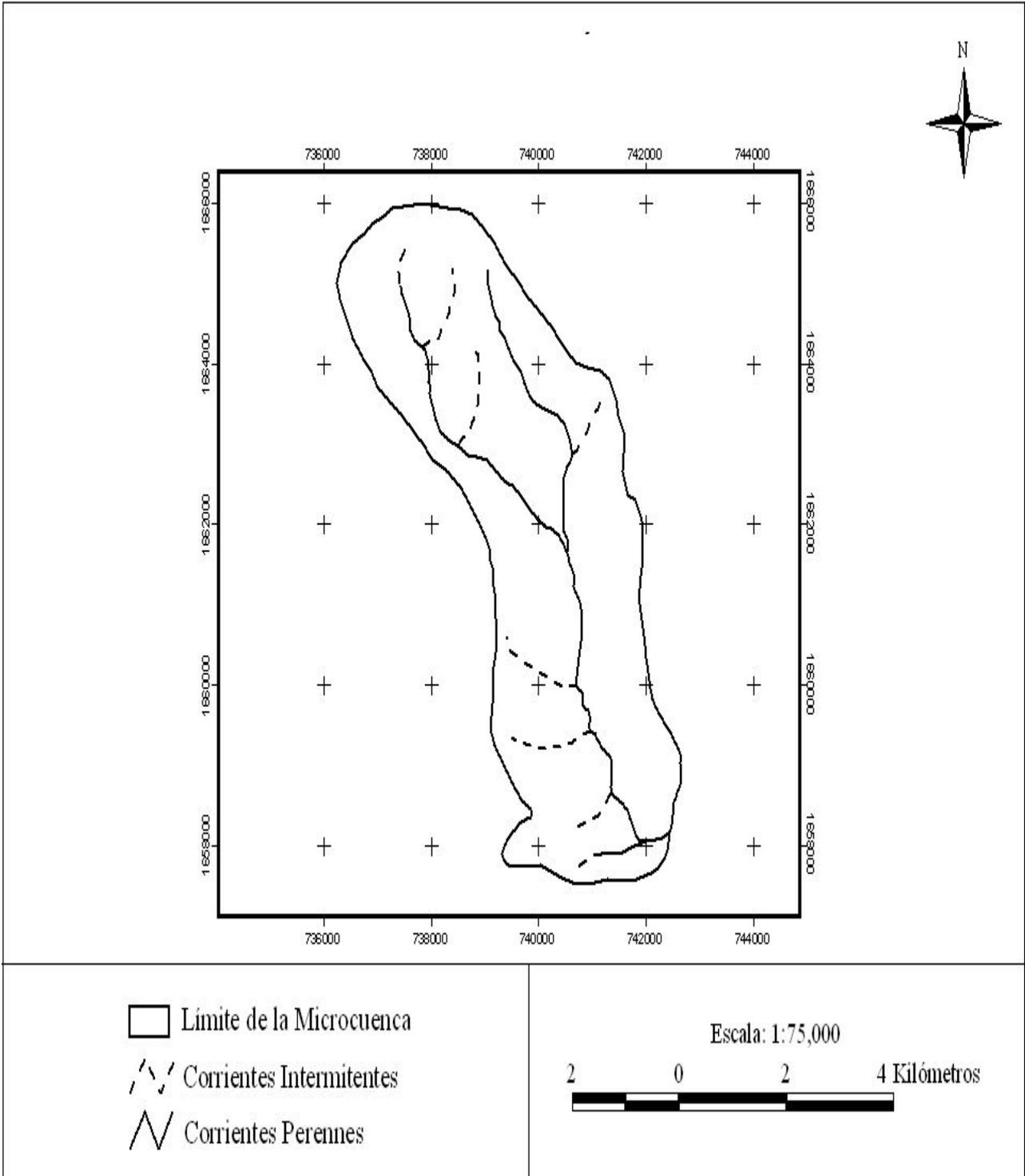


Figura 8. Mapa de la red hidrográfica de la cuenca del río Pasaguay

D. Radio de bifurcación medio:

$$Rb1 = 9/3 = 3$$

$$Rb2 = 3/1 = 3$$

$$Rb = (3 + 3)/2 = 3$$

E. Longitud media de corrientes:

$$Lu1 = 16/9 = 1.78$$

$$Lu2 = 4.65/3 = 1.55$$

$$Lu3 = 5.65/1 = 5.65$$

$$Lu = 26.3/13 = 2.02$$

6.3.1.2 Aspectos de Superficie

A. Área de la cuenca: 26.6 km²

B. Forma de la cuenca:

$$Rf = \frac{26.6 \text{ km}^2}{(10.8 \text{ km})^2} = 0.23 \text{ (cuenca de forma larga)}$$

En la figura 10 se observan las curvas a nivel de la cuenca.

6.3.1.3 Aspectos de Relieve

A. Pendiente media de la cuenca:

$$Sc = \frac{0.1 \text{ km} * 95.45 \text{ km}}{26.6 \text{ km}^2} * 100 = 35.88\%$$

6.3.1.4 Análisis de las características morfométricas de la cuenca del río Pasaguay.

El perímetro de la cuenca es de 26.25 kilómetros, presentando en su mayoría corrientes intermitentes y efímeras, con unas cuantas permanentes. El cauce principal nace en la comunidad de Pajopop.

De acuerdo al número de orden, es una cuenca de orden 3, por lo tanto bastante pequeña, con 13 corrientes y una longitud acumulada de 26.3 kilómetros. La longitud media de corriente de orden 1 es de 1.78 kilómetros; la de orden 2, de 1.55 kilómetros; la de orden 3, de 5.65 kilómetros. La grafica del logaritmo de la longitud de corrientes contra el orden, normalmente debe ser una recta con pendiente positiva, pero en el caso de la cuenca del río Pasaguay no es así debido a que existen pocas corrientes de orden 2 y 3.

Respecto a los aspectos de superficie, la cuenca tiene un área de 26.6 kilómetros cuadrados. De forma alargada por su relación de forma de 0.23 debido a las características físicas del área.

La pendiente media de la cuenca es de 36% y del cauce principal de 9%, lo que indica que la velocidad de la escorrentía superficial es baja. El relieve de la cuenca de acuerdo a la pendiente media de la cuenca se considera como pronunciado. La elevación máxima es de 2,300 msnm y la mínima de 1,200 msnm.

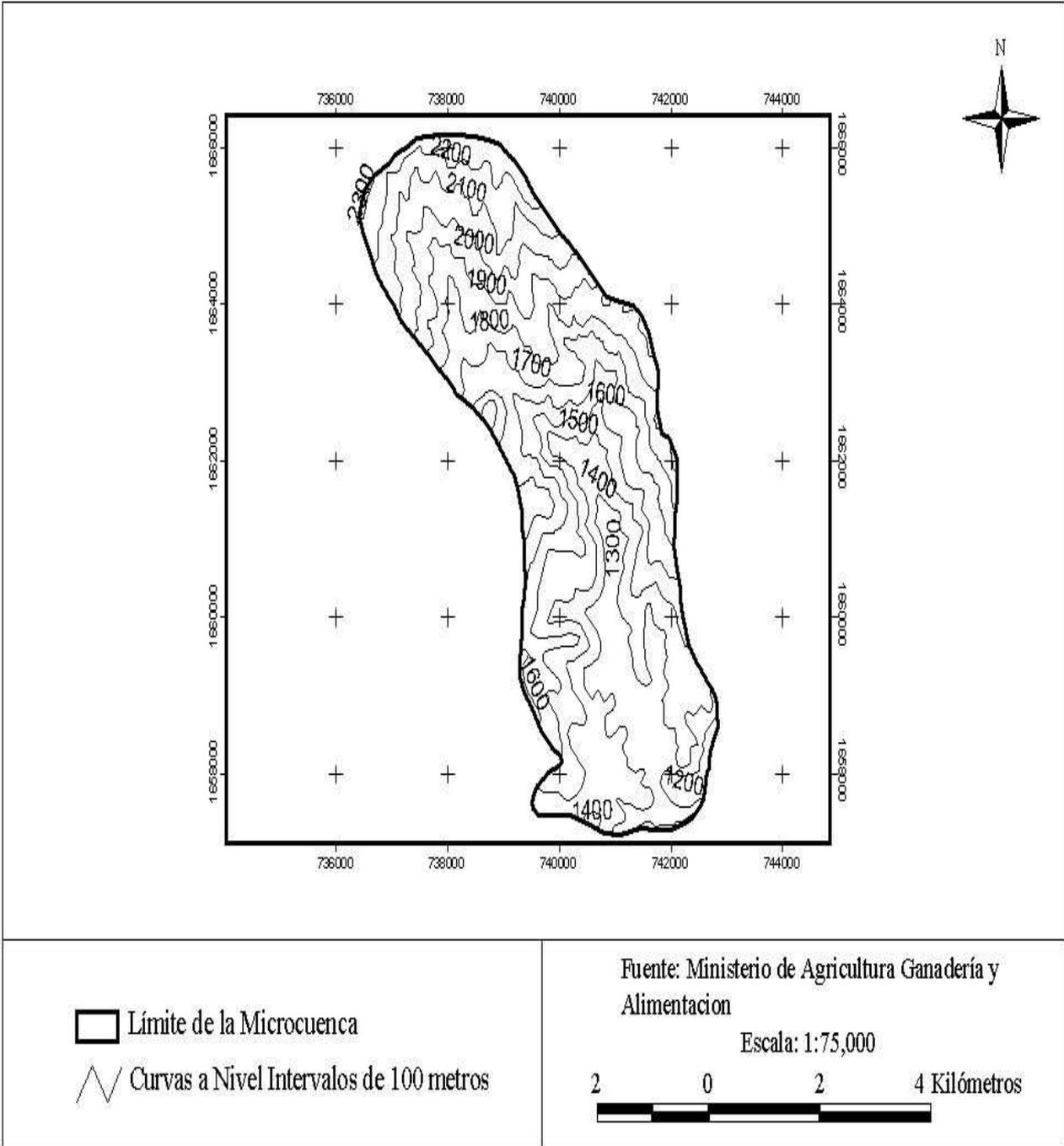


Figura10. Mapa de curvas a nivel dentro de la cuenca del río Pasaguay.

6.3.2 Cantidad de Precipitación pluvial

Se realizó un análisis de la precipitación pluvial en la cuenca con registros de las estaciones meteorológicas ubicadas en la región.

De acuerdo a los datos del cuadro 2 y tomando en cuenta que la precipitación pluvial tiene un comportamiento orográfico, el cuadro 7 presenta los datos de precipitación de todas las estaciones durante 6 años consecutivos (1998 – 2003).

Cuadro 7. Precipitación pluvial media (mm) anual de la región durante 6 años (1998 – 2003).

AÑO	ESTACIONES					
	Chinique	Chixoyquiché	Nebaj	Chuitinamit	Chuiguilá	San Pedro Jocopilas
1998	2507.6	2661.4	4143.0	2107.0	1916	2662.8
1999	3607.2	3658.8	4879.2	2205.4	3042.6	2850.0
2000	2355.6	3930.6	4981.4	2317.2	2203.8	1152.6
2001	2653.0	3182.8	3951.6	1895.5	2929.6	1935.0
2002	1637.2	2502.8	3290.2	1480.8	2797.6	1745.4
2003	399.6	1352.2	1357.5	624.1	2615.6	1700.6

Fuente INSIVUMEH 2004

En el cuadro anterior se presentan los registros de las estaciones de Chinique, Chixoyquiché, Nebaj, Chuitinamit, Chiguila y San Pedro Jocopilas desde los años 1998 al 2003; el compartimiento de los datos en cada estación muestra la confiabilidad de los datos para cada año.

6.3.3 Calidad física y química

En el cuadro 8 se observan los resultados del análisis físico de las diferentes muestras de agua, con sus respectivos límites máximos permisibles y aceptables según las normas COGUANOR 1984

Cuadro 8. Resultados de los análisis físicos de las muestras de agua del río Pasaguay del año 2003.

Características de	Nacimiento 1		Nacimiento 2		Punto de Aforo		LMA	LMP
	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa		
Época de muestreo								
Aspecto	Claro	Claro	Claro	Claro	Claro	Lig. Turbio	Claro	Claro
Color (Unidades)	01,00	19,00	01,00	19,00	09,00	37,00	5,00	350,00
Turbiedad (UTN)	00,35	7,30	00,71	9,60	02,85	12,60	5,00	15,00
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
pH (Unidades)	07,70	7,20	07,40	7,20	07,10	8,20	7.0-7.5	6.5-9.2
Temperatura (°C)	19.3	20,00	20,00	21,4	20,00	21,4	15-25	34,00
Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	273,00	345,00	340,00	565,00	38,00	230,00	100-750	1,500

LMP = límite máximo permisible

LMA = límite máximo aceptable

El límite máximo aceptable es el valor de la concentración de características del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor; mientras que el límite máximo permisible es el valor arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano puesto que puede causar daños a la salud del consumidor.

Como se observó en el cuadro 8, en cuanto a las características sensoriales: aspecto, color, turbiedad y olor, el agua del río Pasaguay está entre los límites máximos permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo, mientras que el nacimiento 3, principalmente en la época lluviosa, está por encima de los límites máximos aceptables (LMA) principalmente en el aspecto, color y turbiedad debido a la cantidad de suelo que es arrastrado por el agua.

En cuanto a las características de pH, el agua del río Pasaguay se encuentra dentro de los límites máximos aceptables en todos los puntos, mientras que para los nacimientos 1 y 3 durante la época seca y lluviosa, respectivamente, sobrepasan los límites máximos aceptables, pero el agua puede ser consumida sin causar daños a la salud, ya que están dentro de los LMP.

En el cuadro 9 se observan los resultados del análisis químico y su comparación con los límites máximos aceptables y permisibles.

Cuadro 9. Resultados de los análisis químicos de las muestras de agua del río Pasaguay del año 2003.

Características de muestreo	Nacimiento 1		Nacimiento 2		Punto de Aforo		LMA (mg/l)	LMP (mg/l)
	seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa		
Amoniaco (NH ³)	00,26	00,34	00,32	0,43	00,27	0,33	0,05 (*)	0,50 (*)
Nitritos (NO ²⁻)	00,00	00,00	00,00	0,00	00,00	0,00	----	0,010
Nitratos (NO ³⁻)	01,98	05,20	03,08	6,01	03,96	7,35	----	10,00
Manganeso (Mn)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,05	0,50
Cloruros (Cl ⁻)	08,00	14,00	07,50	11,00	08,00	10,00	100,00	250,00
Fluoruros (F ⁻)	00,27	00,42	00,29	00,05	00,11	00,31	-----	1,70
Sulfatos (SO ²⁻⁴)	08,00	22,00	16,00	22,00	02,00	33,00	100,00	250,00
Hierro Total (Fe)	00,03	00,12	00,03	00,11	00,16	00,45	0,10	1,00
Dureza Total (CaCO ₃)	176,00	215,00	210,00	300,00	30,00	97,00	100,00	500,00
Sólidos Totales	171,00	220,00	220,00	276,00	49,00	126,00		1500,00 (*)
Sólidos Volátiles	17,00	23,00	29,00	45,00	21,00	38,00		-----
Sólidos Fijos	154,00	137,00	191,00	213,00	28,00	179,00		
Sólidos en Suspensión	02,00	08,00	02,00	14,00	06,00	15,00		500,00 (*)
Sólidos Disueltos	150,00	173,00	187,00	242,00	21,00	112,00	500,00	1000,00
Carbonatos	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00		
Bicarbonatos	176,00	215,00	210,00	320,00	52,00	114,00		
Alcalinidad Total	176,00	245,00	210,00	320,00	52,00	114,00		

Como consecuencia del alto contenido de bicarbonatos, se incrementa la alcalinidad total del agua del río Pasaguay. Esto se puede observar en el pH de todas las muestras, ya que las mismas se encuentran por encima de 7. Debido a la erosión química que se da en las calizas por la disolución de Carbonato de Calcio (CaCO₃) que en todos los puntos y épocas de muestreo se encuentran valores altos que sobrepasan el límite máximo aceptable, no así el permisible por lo que se estima que no puede causar daños a la salud.

En relación a las sustancias químicas no deseadas para el consumo humano, se observa que el amoníaco tiene niveles elevados de LMA según el reglamento para calidad del agua potable de la Organización Panamericana de la Salud (OPS 1997), por lo que no es aceptable por el consumidor. Los nitritos y nitratos son considerados como sustancias tóxicas, cuando sobrepasan los valores del LMP. Para el caso del río Pasaguay ambas sustancias no indican toxicidad del agua ya que no sobrepasan el límite máximo permisible. El nitrito está asociado a la presencia de aguas negras o residuos orgánicos. Además, su presencia indica polución, por lo consiguiente presencia de organismos patógenos (Monzón 1999).

Otras sustancias no deseadas son los fluoruros, que para el caso del río Pasaguay tienen valores aceptables para el consumo humano. El hierro total presenta algunos valores altos en cuanto al límite máximo aceptable, pero no alcanza el límite máximo permisible, por lo que no causa daños a la salud. El Manganeseo no presenta riesgo alguno para la salud humana.

En el caso de los elemento naturales presentes están el calcio, sodio, potasio, magnesio, hierro, fluoruros, cloruros y manganeseo, todos dentro de los LMP según las normas COGUANOR 1984 y el reglamento de La OPS . Un nivel constante de los elementos mencionados es esencial para el mantenimiento adecuado de vida acuática dentro y fuera de las células de los organismos (Monzón 1999).

Un nivel muy bajo de sólidos totales puede limitar el crecimiento de vida acuática, o restringir la existencia de ciertos organismos, mientras que un nivel muy alto ocasiona baja calidad del agua y problemas de balance del agua para algunos organismos. En el caso de los valores encontrado en el río Pasaguay, está dentro de los límites permisibles.

6.3.4 Calidad bacteriológica

Los resultados observados en el cuadro 10, indican que existen altas concentraciones de coliformes totales y fecales en las muestras de agua en el río Pasaguay, pero principalmente existe una alta concentración de las mismas en la época lluviosa en los nacimientos 2 y 3, no así para el nacimiento 1, que presenta altas concentraciones en las dos épocas. Según las pruebas presuntiva y confirmativa se encontraron niveles que sobrepasan los límites máximos permisibles según el reglamento de la OPS/OMS (Organización Mundial de la Salud) que son 200/100 ml. Los valores encontrados de hasta 1,600,000 sobrepasan por mucho el límite máximo permisible por lo que el agua del río Pasaguay no es potable.

La presencia de coliformes fecales en altas concentraciones establece que el agua es de mala calidad para consumo humano, ya que indica la posibilidad de que estén presentes también las bacterias patógenas que causan enfermedades como fiebre, tifoidea, gastroenteritis, hepatitis, disentería de infecciones en el oído (Monzón 1999).

Cuadro 10. Resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua del río Pasaguay para el año 2002.

Características	Nacimiento 1		Nacimiento 2		Punto de Aforo	
Época de muestreo	seca	Lluviosa	Seca	lluviosa	Seca	Lluviosa
Aspecto	Claro	Claro	Claro	Claro	Claro	Lig. Turbio
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Sustancias en Suspensión	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	Lig. Cantidad	Gran Cantidad
NMPGC/100cc Total	> 1600	> 160000	170	>160000	< 2	> 1600000

NMPGC/100 fecales	cc	> 1600	> 160000	2	> 160000	< 2	>1600000
----------------------	----	--------	----------	---	----------	-----	----------

NMPGC: número más probable de gérmenes coliformes.

Fuente: laboratorio microbiológico (LAMIR). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

6.3.5 Registro de Nacimientos

En el cuadro 11: se observan los resultados de la ubicación georeferenciada y altura sobre el nivel del mar de los nacimientos.

En la figura 11: se presenta el registro de los principales nacimiento de la cuenca del río Pasaguay

Cuadro 11. Ubicación de los nacimientos y altura sobre el nivel del mar.

No.			Centro Poblado	Altura msnm
	Latitud	Longitud		
1	73688.11	1665430.53	Chorraxaj	2150
2	737266.79	1665474.25	Chorraxaj	2100
3	737094.99	1665195.08	Chorraxaj	2100
4	737631.85	1665345.40	Chorraxaj	2050
5	737610.38	1665109.18	Chorraxaj	2000
6	738383.45	1665388.35	Chorraxaj	2150
7	738147.24	1664787.07	Chorraxaj	2000
8	738555.25	1665044.76	Chorraxaj	2100
9	739027.69	1665366.88	Chorraxaj	2200
10	739263.90	1665066.23	Chorraxaj	2150
11	738769.99	1664851.49	Chorraxaj	2100
12	738662.62	1663992.52	Chorraxaj	1900
13	738834.42	1664293.16	Chorraxaj	2000
14	739049.16	1663949.57	Chorraxaj	1900
15	740853.00	1663605.98	Xeabaj	1800
16	741132.17	1663799.25	Xeabaj	1900
17	741239.54	1663348.29	Xeabaj	1800
18	739800.76	1661050.53	Quiacoj	1550
19	739843.71	1660535.15	Quiacoj	1450
20	739392.75	1660213.03	Quiacoj	1500
21	739886.66	1659461.43	Quiacoj	1450
22	739500.12	1659354.06	Quiacoj	1550
23	740122.88	1659031.94	Quiacoj	1450
24	740573.84	1658215.92	Ocós	1350
25	740681.21	1657700.53	Ocós	1400
26	741153.65	1657679.06	Ocós	1300

En la cuenca del río Pasaguay existen 26 nacimientos de importancia, siendo estos los que se georeferenciaron y se encuentran ubicados en los diferentes centros poblados como Chorraxaj, Xeabaj, Quiacoj y Ocós.

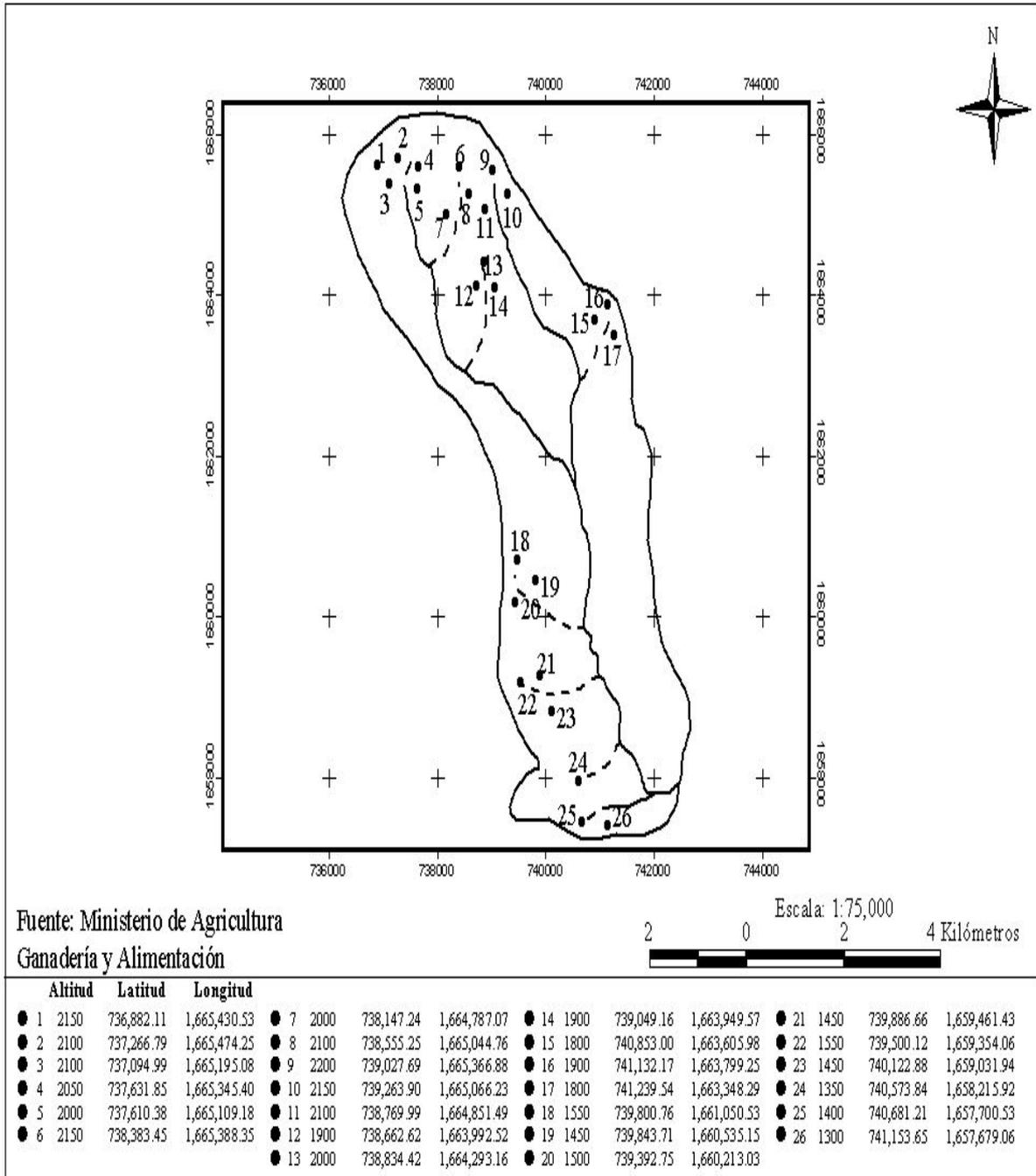


Figura 11. Registro de los nacimientos de la cuenca del río Pasaguay.

6.4 Características Socioeconómicas de la cuenca

6.4.1 Ubicación, extensión y límites

En la cuenca del río Pasaguay existen 8 caseríos (Chorraxaj, Xeabaj, Pasaguay, Quiacoj, Ixoc, Chijuc, Ocos, Tzitzil) y 1 parajes (Piedras Lisas), las cuales se encuentran localizadas en las coordenadas y altura (msnm) del municipio de Joyabaj pertenecientes al departamento de Quiché (Cuadro 12). La extensión de la cuenca es de 26.6 kilómetros cuadrados. Colinda al Norte con Xecnup y Tzajmá; al Sur, con Pájaro de Plata y Talaxcoc; al Este, con Tzajmá y Caquil y al Oeste, con Chuaquenum, Raxanep, Seabaj y Mixá.

Cuadro 12. Comunidades que se encuentran localizadas en las coordenadas y altura (msnm) dentro de la cuenca del río Pasaguay.

Comunidad	Categoría	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Unidad Municipal a la que pertenece	Significado
Chorraxaj	Caserío	15°02'56"	90°46'50"	1,900	Joyabaj	En lo Verdoso
Chijuc	Caserío	14°57'56"	90°55'33"	1,400	Chuaquenum	Corte o Güipil
Ixoc	Caserío	15°00'45"	90°45'20"	1,600	Joyabaj	Mujer
Ocos	Caserío	14°59'15"	90°45'05"	1,300	Joyabaj	
Pasaguay	Caserío	14°59'40"	90°45'23"	1,300	Caquil	
Quiacoj	Caserío	15°00'30"	90°46'15"	1,500	Joyabaj	Aguacate Colorado
Tzitzil	Caserío	15°01'30"	90°45'58"	1,500	Joyabaj	Nixtamal
Xeabaj	Caserío	15°03'02"	90°44'06"	1,990	Caquil	Abajo de la piedra
Piedras Lisas	Paraje	14°59'46"	90°45'35"	1,450	Chuaquenum	

Fuente: IGN 1978

En la figura 12 se presentan la ubicación de los centro poblados dentro de la cuenca del río Pasaguay.

6.4.2 Producción

Los sistemas productivos en el área rural son esencialmente de subsistencia, donde los pequeños productores satisfacen las necesidades básicas de la familia con los productos cultivados en la parcela y/o extraídos del bosque. El proceso productivo es realizado por la familia, incluso con la participación de la mujer y niños desde temprana edad. Se da la cooperación e intercambio de productos entre vecinos de la misma comunidad. Los cultivos característicos de estos sistemas productivos son el maíz y el frijol, que son cultivados por la población en general, obteniendo producciones de 2 a 3 qq de maíz/cuerda (18 a 20 qq/mz o de 25 a 28 qq/ha) y 75 lb de frijol/cuerda (5 a 8 qq/mz y 7 a 11 qq/ha). Se pueden observar en la parte alta, árboles frutales como: manzana, durazno y aguacate. En la parte baja se puede encontrar algunos cítricos como la naranja y el limón y cultivos como tomate y arveja china. La producción es vendida en el mercado municipal de Joyabaj, en San Juan Sacatepéquez y en Santa Cruz del Quiché.

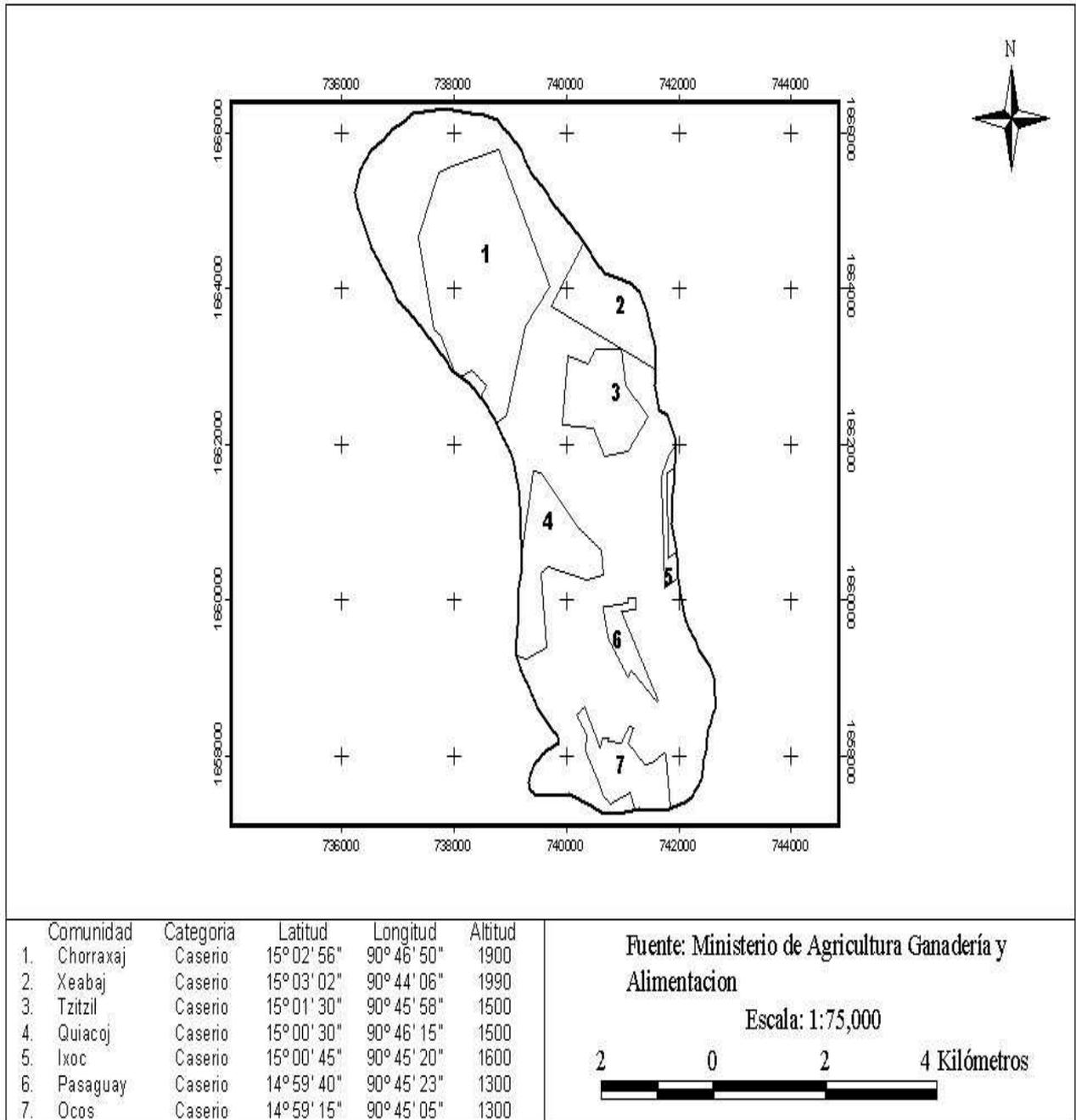


Figura 12. Mapa de ubicación de los centros poblados dentro de la cuenca del río Pasaguay.

La parte baja de la cuenca también es utilizada para la crianza de aves de corral, tales como gallinas ponedoras y chompipes, así como para ganado mayor (ganado vacuno) y menor (cabras, carneros y cerdos). Se utiliza un sistema extensivo de producción, basando la alimentación únicamente en el pastoreo en lugares donde existe pasto natural y en época seca alquilan terrenos con restos de cosechas del cultivo de maíz para suplementar la alimentación. El objetivo de la producción es doble, para leche y para carne y el tipo de ganado es criollo.

Las actividades realizadas por los pobladores del área rural que habitan dentro de la cuenca son el comercio de productos básicos como azúcar, sal, pasta, maíz, frijol, entre otras.

La producción agrícola principalmente de hortalizas cultivan en mayor proporción el tomate, cosechada principalmente en las vegas privadas de algunos habitantes, obteniendo producciones de 300 a 320 qq/mz. Esta producción es vendida en los mercados de Joyabaj, Santa Cruz del Quiché y San Juan Sacatepéquez.

Así mismo existen personas productoras de ganado vacuno, que utilizan un sistema extensivo de producción, basando la alimentación únicamente en el pastoreo en lugares donde existe pasto natural y en época seca alquilan terrenos con restos de cosechas del cultivo de maíz para suplementar la alimentación. La producción bobina es de doble propósito, es decir, para leche y para carne y el tipo de ganado es criollo.

Los sistemas productivos son esencialmente de subsistencia, donde los pequeños productores satisfacen las necesidades básicas de la familia con los productos cultivados en la parcela y/o extraídos del bosque. El proceso productivo es realizado por la familia incluso con la participación de la mujer y niños desde temprana edad. Se da la cooperación e intercambio de productos entre vecinos de la misma comunidad. Los cultivos característicos de estos sistemas productivos son el maíz y el frijol, que son cultivados indiscriminadamente por la población en general, obteniendo producciones de 18 a 20 qq/mz y 5 a 8 qq/mz, respectivamente

6.4.3 Recursos naturales

6.4.3.1 Tenencia de tierra

El régimen predominante de tenencia de la tierra en la cuenca del río Pasaguay es privado. Los habitantes del área, por medio de entrevistas personales, indicaron que han adquirido sus tierras por herencia de sus antepasados, aunque la mayoría no cuenta con ningún documento que acredite su propiedad. Actualmente la población se rige por linderos como: árboles, quebradas y monjones, que ellos identifican por medio de piedras que entierran en los linderos de sus propiedades.

6.4.3.2 Bosque

El avance de la frontera agrícola amenaza seriamente los recursos naturales del área, debido a las actividades agropecuarias y otras actividades propias de los pobladores, de donde obtienen algún beneficio económico. El bosque está compuesto en un 50 % de las especies de *Pinus* y *Quercus* y entre un 20 – 30 % de especies de *Alnus*. Algunas de estas especies son utilizadas como maderas rústicas para construcción o bien para uso energético, del cual obtienen algún beneficio económico para suplir algunas necesidades básicas de la familia.

6.4.3.3 Fuentes de agua

El agua utilizada para consumo humano es potable, traída por medio de tubería a las pilas o toneles. Las comunidades de la parte alta de la cuenca del río Pasaguay poseen una buena cantidad de nacimientos de agua, existiendo 26 nacimientos en el área de mayor importancia, los cuales están siendo afectados por el avance de la frontera agrícola y por el mal uso de los recursos.

6.4.4 Descripción de aspectos sociales

6.4.4.1 Población

La población de Chorraxaj, Xeabaj, Tzizil, Quiacoj, Pasaguay, Ixoc, Chijuc, Ocós y Piedras Lisas sumaba un total de 8,659 habitantes para el año 2002 (13). El promedio de integrantes por familia es de 5 personas y un total de 1439 hogares. En general se tiene un ingreso de Q.30.00/día por persona.

El idioma predominante es el Quiché, aunque en Pasaguay, Quiacoj, Chijuc e Ixoc hablan el Castellano.

6.4.4.2 Educación

Aproximadamente el 78 % de la población adulta es analfabeta. Existen cinco escuelas oficiales mixtas en Chorraxaj, Xeabaj, Chijuc, Pasaguay y Quiacoj; en Tzizil, Ixoc, Ocós y Piedras Lisas son de PRONADE. Todas las escuelas cuentan con la primaria completa. Además, en Quiacoj y Pasaguay existe el nivel de preprimaria y en Xeabaj, educación bilingüe. Se cuenta con un total de 41 maestros (CTA, 2003). Existe un total de 1826 alumnos distribuidos entre los seis grados (13).

Las principales características de la población radicada dentro de la cuenca se presenta en los apéndices 2 y 3.

6.4.4.3 Salud y nutrición

Según datos del Hospital Distrital de Joyabaj (29), la morbilidad materna tiene las siguientes causas: Infección del tracto urinario, infección respiratoria, rinofaringitis aguda (resfríos comunes) que para el año 2003 registraron 70 pacientes. La morbilidad infantil es síndrome diarreico, parasitismo intestinal, neumonías y bronconeumonías, amigdalitis aguda, amebiasis y otitis. Se registran 97 niños tratados anualmente en el centro mencionado. La alimentación se basa en tortillas de maíz, frijol, hierbas, hortalizas como el tomate y chile, en algunas ocasiones huevos y leche, carne de aves (gallinas y chompipes), que rara vez los consumen ya que estas aves son vendidas en la plaza de Los Cimientos, los días viernes o bien en el mercado de Joyabaj los días domingos, que son los días de plaza, en donde se abastecen de azúcar, fideos, arroz, sal y otros.

6.4.4.4 Religión

6,061 habitantes (70%) del área de estudio practican la religión católica, realizándose misas ocasionales aproximadamente una a cada dos meses los días jueves. Y 2,598 habitantes (30%) practican la religión evangélica (23).

6.4.5 Organización social

6.4.5.1 Comités y organizaciones existentes

Las comunidades se organizan formalmente mediante el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODES) que es formado por la municipalidad. Además, los alcaldes auxiliares, que son parte de la municipalidad, forman parte importante de la organización política, cuya función es la de tener contacto directo con la municipalidad de Joyabaj y llevar los mensajes a sus respectivas comunidades.

Así mismo existen distintos comités formados por instituciones que han ejecutado o ejecutarán obras en las comunidades como lo son Comités de miniriego de Quiacoj y Pasaguay, Comité de agua potable de Quiacoj, Xeabaj, Tzizil, Chijuc y Pasaguay. Comité de carretera de Quiacoj, Chorraxaj; cada uno de estos vela por el mantenimiento y buen estado de las obras. El incentivo aplicado para la mano de obra en estos comités es el sistema de alimentos por trabajo, donde las personas que participan en la ejecución y mantenimiento de cada proyecto reciben alimentos por su tiempo invertido.

En la municipalidad de Joyabaj recae la toma de decisiones y ejecución de proyectos de desarrollo de la mayoría de los centros poblados dentro de la cuenca. Existen organizaciones gubernamentales como Supervisión de Educación, el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, etc. y no gubernamentales como Intervida, que ejecutan proyectos en las aldeas y caseríos de la cuenca del río Pasaguay.

6.4.5.2 Presencia institucional

Entre las instituciones que se identifican con las comunidades se encuentran: Intervida (aporta útiles escolares y mobiliario para las escuelas, capital semilla, granjas comunales, asistencia medica), el Fondo de Inversión Social (FIS) apoya en la construcción de escuelas, el MAGA gestiona proyectos productivos y venta de insumos (fertilizante, semilla) a un costo subsidiado, el Ministerio de Educación contrata a los maestros, la municipalidad de Joyabaj construye caminos, salones comunales, finalmente, el hospital se encarga de atender a los pobladores.

6.4.5.3 Infraestructura y servicios

En relación a infraestructura y servicios de sanidad ambiental, existe deficiencia en los centros poblados de la cuenca. Ninguna comunidad cuenta con red de drenaje (solamente 15 viviendas en todo la cuenca, equivalente a 0.84% del total de viviendas); existen letrinas en 568 viviendas del área rural, con 31.84% del total de viviendas y el resto de viviendas tienen un medio inadecuado de depósito de excretas. No existe un basurero o depósito de basuras dentro de la cuenca por lo que la mayoría de los desechos sólidos son arrastrados por el sistema de drenaje de la cuenca. Se encontraron 1167 viviendas que cuentan con agua potable equivalente a 65.41% del total de viviendas.

La energía eléctrica es un servicio con el que cuentan aproximadamente 195 viviendas, que representan el 10.93% del total de viviendas. Las viviendas son construidas principalmente de adobe, madera y block; los techos son de lámina, teja, dependiendo del nivel económico. Además cuentan con el servicio de teléfono celular

En cuanto a salud existe el hospital en la cabecera municipal y un puesto de salud en Caquil (actualmente no está habilitado por falta de personal calificado), por lo que la población debe dirigirse a la cabecera municipal.

Existen además, los templos de iglesias católicas y evangélicas en la mayoría de centros poblados. Generalmente cuentan con materiales de construcción resistentes como block, cemento y el techo es de lámina. Además, varias comunidades cuentan con campo de fútbol, donde se reúnen los jóvenes, principalmente los domingos, a practicar este deporte.

Las comunidades de Chorraxaj, Xeabaj y Quiacoj tienen dos caminos que las comunican con las aldeas y caseríos cercanos y con la cabecera municipal, siendo transitados todo el año por vehículo de doble tracción.

Las comunidades se encuentran entre 8 a 25 kilómetros de la cabecera municipal de Joyabaj y de 71 a 79 kilómetros de la cabecera departamental de Santa Cruz del Quiché.

6. 4.6 Utilización de los recursos naturales

El uso del recurso tierra se centra en el sostén de los centros poblados y de los sistemas productivos cuyas especificaciones se detallaron anteriormente. El recurso hídrico es utilizado para riego en lugares aptos para esta actividad y para uso doméstico como la limpieza personal, de utensilios de cocina, de ropa y para consumo humano. En la mayoría de los centros poblados existe agua domiciliar y chorros comunitarios, sin embargo, el agua no tiene más tratamiento que la cloración.

La madera y la leña son otros productos naturales utilizados por la población de la cuenca Pasaguay. La leña la sacan de cualquier tipo de ramas o de árboles caídos. La madera es utilizada principalmente para construcción de viviendas o infraestructura al servicio de las comunidades. Las principales especies madereras encontradas son los rodales de encinos (***Quercus spp.***) asociados con pino triste (***Pinus pseudostrabus***) y pino de ocote (***Pinus montezumae***). Las coníferas más conocidas son: pino hembra (***Pinus ocarpa***), pino triste (***Pinus pseudostrabus***) y pino candilillo (***Pinus maximinoii***). Entre las latifoliadas se pueden observar roble (***Quercus spp.***) y aliso (***Alnus spp.***).

La fauna presente en las áreas con bosque es comúnmente cazada con el fin de complementar la dieta de los pobladores o bien para comercializarla. Las especies que son cazadas con más frecuencia son: Tacuazín (***Didelphis marsupiales***), conejo (***Orictologus cuniculus***), ardilla (***Scirus spp.***) y mapache (***Procyon lotor***).

Otra fuente de elementos para fortalecer la dieta de la población es el consumo de frutas como cítricos (***Citrus spp.***), aguacate (***Persea americana***), mango (***Manguifera indica***), guayaba (***Psidium guajaba***) y banano (***Musa spp.***), que algunas veces son comercializadas en el mercado de Joyabaj. También consumen especies herbáceas como la hierba mora (***Solanum nigrum L.***) y ayote (***Cucúrbita spp.***).

6.4.7 Aspecto económico

Los ingresos económicos de las familias se basan en la producción agrícola artesanal, es decir sin ningún aspecto técnico dirigido. Otras fuentes de ingresos que han encontrado estas familias es la extracción de madera aserrada y como subproducto energético obtienen leña para uso familiar. Este recurso algunas personas lo comercializan en comunidades aledañas. Dentro de la comunidad hasta el momento no se ha observado ninguna industria familiar relevante en la cual las familias puedan obtener ingresos económicos, solamente se ha detectado la comercialización de aves de corral, cerdos y bovinos en pequeña escala.

Existe además otro elemento que merece ser mencionado y que influye grandemente en la economía de las familias, se habla de la migración hacia la costa sur para trabajar en los ingenios azucareros, como también en las fincas cafetaleras, y bananeras; ya que reciben según su criterio un salario relativamente alto, el cual ayuda al sostenimiento familiar por una temporada. A todo esto se puede asociar también la migración hacia países extranjeros como es el caso de los Estados Unidos de Norte América, que genera un ingreso adicional a través de divisas mensuales y así mejorara la calidad de vida de las familias.

6.6 Propuesta de lineamientos para el manejo de la cuenca del río Pasaguay

6.6.1 Problemática identificada en la cuenca

De acuerdo con los resultados de la consulta realizada por medio de las encuestas y consultas con diferentes sectores de la población que habitan la cuenca, se determino que los principales problemas en relación al uso y manejo de los recursos naturales renovables son:

La problemática relacionada con el bosque se describe como tala inmoderada de árboles, ausencia de reforestación, falta de interés de las autoridades municipales para controlar los problemas y falta de educación de la población. En relación con la problemática en torno del agua, se indica que la contaminación del agua superficial y escasez para consumo humano. Finalmente, sobre el recurso suelo, se indica que es notoria la ocurrencia de erosión y que buena parte de la población que se dedica a la agricultura no cuenta con tierras aptas para dicha actividad.

En relación con la problemática socioeconómica son: Infraestructura y servicios públicos se citan con mayor frecuencia el déficit en el servicio de agua potable y para riego, mejorar y ampliación de vías de acceso y falta de letrinas. En el tema de educación falta de interés de parte de los padres de familia por el estudio de los hijos, alto índice de analfabetismo, falta de escuelas y maestros y falta de oportunidades para estudiar. En el tema de salud, la cobertura de la atención medica, alta frecuencia de enfermedades gastrointestinales.

6.6.2 Propuesta de programas y proyectos

La propuesta de manejo partió de la identificación de la problemática, para lo que se planteo objetivos que respondieran a la misma. Para la solución de los problemas se plantean programas y proyectos que incluyen diferentes estrategias para conservar y proteger los recursos naturales de la cuenca mediante la consecución del desarrollo de las actividades productivas basadas en el uso de la tierra con miras a lograr el rendimiento sostenido con el afán que puedan servir para el accionar de las autoridades municipales, ONGs presentes en la cuenca e instituciones publicas, que su quehacer esta ligado al desarrollo de la población.

6.6.2.1. Programa de conservación de los Recursos Naturales Renovables

a) Justificación

Se ha determinado que existen problemas relacionados con el uso y manejo de los recursos naturales en la cuenca. En relación con el recurso bosque, es notoria la deforestación en tierras de aptitud forestal, así mismo, se ha iniciado un proceso de cambio de uso de la tierra, estableciéndose actividad agrícola, lo que contribuye a agravar el problema. El suelo dedicado a actividades agrícolas, en tierras no aptas para ello, puede degradarse a tal grado que se hace irreversible la pérdida de su productividad. El agua no solo tiene niveles de contaminación peligrosos para la salud humana sino que también se percibe escasez en el abastecimiento humano. La escasez puede agudizarse ante el crecimiento de la población que habita la cuenca y ante la posibilidad de intensificación de su uso por actividades productivas. En consecuencia, es necesario estimular actividades que tiendan a prevenir la contaminación de las fuentes de agua, así como a garantizar su disponibilidad para el bienestar de la población. De igual manera se requiere proteger la productividad de los suelos, que son el principal medio de producción para una buena parte de la población de la cuenca.

b) Objetivo

Propiciar el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables para contribuir al bienestar de la población de la cuenca, a través del tiempo.

c) Proyectos

i) Aprovechamiento y uso sostenible forestal

Justificación

Varias de las familias de la cuenca desarrollan como principal actividad económica la extracción de leña, lo que ha colocado en riesgo de degradación irreversible al bosque y a la vida silvestre. Es necesario establecer un plan que permita el aprovechamiento y uso sostenible del bosque que permita el disfrute del mismo indefinidamente en el tiempo y sostenibilidad de la fauna como elemento de la biodiversidad en la cuenca.

Las tierras con bosque son importantes debido a que estas son áreas que cumplen funciones como áreas de reserva de biodiversidad, protección del suelo, incrementan la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y mejoran el régimen hidrológico de la cuenca.

Objetivo

Poner en marcha un plan de manejo para que el uso y aprovechamiento de los recursos naturales ocurra en forma sostenible a través del tiempo.

Estrategias

- Realizar inventarios forestales para precisar el estado potencial del bosque y las necesidades de manejo.
- Institucionalización del proceso de manejo
- Permitir la actualización en forma participativa el estatus de propiedad y uso del bosque.
- Reforestación a través de incentivos forestales, principalmente en la parte alta de la cuenca, así como en los alrededores de los nacimientos, con especies nativas de la región: pino hembra (*Pinus oocarpa*), pino macho (*Pinus montezumae*), encino (*Quercus spp.*).
- Protección de los rodales mediante políticas y reglamentos municipales, a través de las oficinas forestales municipales.
- Adoptar prácticas de conservación de suelos como acequias, barreras vivas y/o muertas; capacitación técnica y financiera para que estos puedan realizar estas prácticas en sus propias parcelas.

ii) Conservación y aprovechamiento racional de las fuentes de agua para consumo humano y para riego

Justificación

Se ha detectado contaminación de las aguas de la cuenca, que las hace no aptas para el consumo humano, sin tratamiento previo. En ciertas circunstancias, el uso de aguas contaminadas en el riego de ciertos cultivos alimenticios podría ser peligroso para la salud del consumidor. En tal sentido, es necesario implementar acciones tendientes a la conservación del recurso y aprovechamiento de la alternativa del agua subterránea para suplir la demanda agrícola y de agua potable.

Objetivos

Prevenir y revertir la contaminación de las aguas de la cuenca, así como conseguir su uso y aprovechamiento sostenible para conservar su disponibilidad en cantidad y calidad.

Estrategias

- Educación y capacitación de la población sobre formas eficientes de uso y aprovechamiento del recurso hídrico.
- Establecimiento de un sistema de tratamiento del agua para consumo humano.
- Construcción de un campo de pozos, delimitando y legislando áreas de protección para prevenir la sobre-explotación y contaminación del acuífero.
- Constante monitoreo para detectar cambios en su calidad y cantidad.
- Promover la agricultura orgánica y aplicar abonos orgánicos como el estiércol de animal y el cultivo de abonos verdes intercalados con los tradicionales, para disminuir la contaminación química del agua

iii) Conservación de suelos

Justificación

El suelo es un recurso de suma importancia para la población de la cuenca, ya que la mayoría de ella se dedica a la actividad agrícola. Sin embargo, aproximadamente un 72.14% de los suelos no está utilizado apropiadamente, generando pérdidas mayores que los límites tolerables.

Objetivos

Impulsar la adopción de prácticas agrícolas que propicien la disminución de las pérdidas de suelo.

Estrategias

- Capacitación de los productores agrícolas que se encuentran en tierras cuyas pérdidas de suelo superan los límites tolerables.
- Establecimiento de un sistema que incentive la adopción de prácticas para la conservación del suelo.
- Evitar la compactación del suelo, espaciamientos más cortos, para que disminuyan la energía de las gotas de lluvia

iv) Planificación del uso de la Tierra

Justificación

Al analizar los problemas de ocupación y potencial de la tierra dentro de la cuenca, se encuentra que el 72.14% se sobre utiliza de acuerdo a actividades que permitan un manejo sustentable. Las tierras sobreutilizadas presentan los problemas de alta erosión, Esa situación propicia el deterioro de los recursos naturales renovables, principalmente el suelo, recurso hídrico (contaminación) y la vida silvestre

Objetivos

Armonizar el uso de las tierras, buscando conciliar las necesidades de producción con los mejores usos y manejo de los terrenos en el campo.

Lograr que el territorio rural de la cuenca sea utilizado a capacidad, para reducir el riesgo de deterioro de los recursos naturales renovables.

Estrategias

- Identificar y delimitar las áreas críticas específicas en las cuales ocurra el sobre uso de las tierras
- Reducción de la intensidad de uso de las tierras en sobreuso y uso de tecnología que minimiza el deterioro.
- Planificar alternativas para los propietarios de las tierras con problemas de manejo.
- Recuperación de la cobertura arbórea por medio de la regeneración natural y la introducción de árboles frutales, forrajeros y maderables, así como sistemas agroforestales. Con técnicas de sistemas rotativos, cultivos permanentes y semipermanentes.

6.6.2.2. Programas de desarrollo de infraestructura y servicios públicos

a) Justificación

Uno de los problemas más es el déficit en el servicio de agua potable y para riego, mejorar y ampliación de vías de acceso y falta de letrinas, se mencionan los problemas relacionados con educación la falta de interés de parte de los padres de familia por el estudio de los hijos, alto índice de analfabetismo, falta de escuelas y maestros y falta de oportunidades para estudiar y con salud la cobertura de la atención médica, alta frecuencia de enfermedades gastrointestinales.

b) Objetivo

El objetivo del programa de desarrollo de infraestructura y servicios públicos es satisfacer las demandas planteadas por la población en torno al abastecimiento domiciliario de agua potable y para riego y el déficit en algunos aspectos de educación y salud.

c) Proyectos

i) Sistema de abastecimiento domiciliario de agua y riego

Justificación

El agua potable es de orden prioritario a nivel de las políticas de los recursos hídricos en el orden mundial y en este caso particular en la cuenca del río Pasaguay existe una demanda insatisfecha. Actualmente las fuentes superficiales no llenan las expectativas para suplir la demanda actual y futura por falta de disponibilidad y por calidad química y biológica; la única alternativa que no ha sido aprovechada para los volúmenes disponibles, pero con alto costo, es el agua subterránea.

Objetivos

Propiciar los estudios básicos para desarrollar políticas coherentes para el aprovechamiento y sostenibilidad los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Estrategias

- Formular prácticas para conservar los recursos hídricos subterráneos y superficiales.
- Analizar las demandas futuras en función de las disponibilidades para desarrollar infraestructura de aprovechamiento de agua subterránea y superficial.

ii) Educación Ambiental

Justificación

Los pobladores de la cuenca no poseen algún tipo de formación ambiental, por lo que ignoran los problemas que pueden surgir al no hacer un uso adecuado de los recursos, contribuyendo al deterioro de los mismos y la repercusión para las futuras generaciones.

Objetivo

Crear conciencia ecológica en la población para un uso y manejo racional de los recursos que conlleve al desarrollo sostenido de los mismos dentro de la cuenca.

Estrategias

- Impulso a actividades de alfabetización de adultos.
- Establecimiento de mecanismos que propicien la mejora en la relación alumno/maestro en las escuelas publicas.
- Creación de mecanismos que incentiven la asistencia a las escuelas, de la población en edad escolar que no puede hacerlo
- Formación de un Comité Pro-mejoramiento Ambiental de la Cuenca.
Este comité se encargara de coordinar y promocionar actividades de educación ambiental que tiendan a concientizar a la población sobre el uso y manejo de sus recursos. Y deberá estar coordinado por el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODES).
- Cursillos para la población Escolar.

Se organizaran cursillos sobre temas ambientales con el fin de que la niñez crezca con una conciencia ecológica, que le permita identificar su problemática y convertirse en agentes de cambio que procuren la conservación y manejo sostenido de la cuenca

iii) Promoción del sistema publico de salud

Justificación

En el tema salud se identifica como problemas la cobertura de la atención médica, alta frecuencia de enfermedades gastrointestinales.

Objetivos

Promover la cobertura de atención médica a la población y las medidas que este implemente para prevenir epidemias y erradicar enfermedades infecto-contagiosas.

Estrategias

- Implementación de campañas de información y concienciación de la población sobre los beneficios de las campañas de vacunación

6.6.2.3. Programa de apoyo social

a) Justificación

En los aspectos sociales, fuera de los temas salud y educación formal, se ha detectado debilidad en la organización de la población que habita la cuenca, así como deficiencias en la satisfacción de las expectativas de la población por parte de las autoridades municipales. Además, deficiencias en la capacitación para la reconversión productiva del capital humano y la concienciación ambiental.

b) Objetivo

El objetivo del programa de apoyo social es plantear opciones para satisfacer las demandas de la población en torno a organización, el proceso de toma de decisiones en el nivel público.

c) Proyectos**i) Educación ambiental y productiva****Justificación**

En iguales condiciones que en el resto del país, el ambiente de la cuenca del río Pasaguay ha estado padeciendo un proceso de deterioro creciente. El manejo inapropiado de los recursos naturales constituye la causa principal de ese deterioro. Para detener ese proceso negativo es necesaria la ejecución de medidas tendientes a un manejo sostenible de los recursos naturales. Esta acción debe ser llevada a cabo fundamentalmente por los habitantes de la cuenca. Para que estos estén dispuestos a involucrarse en el mejoramiento ambiental deben primero estar plenamente concientes de los problemas del ambiente, la importancia que los recursos naturales tienen para ellos y las posibles medidas de mitigación. Esta información y concienciación debe llevarse mediante un proyecto de educación ambiental y productiva, que además de disponerlos para la acción en pro del mejoramiento ambiental, les incentive a producir en un régimen de manejo sostenible de los recursos.

Objetivo

Fomentar en la población de la cuenca acerca de la importancia de la conservación y mejora de la calidad ambiental.

Estrategias

- Diseño e impartición de cursos de educación ambiental específicos a los maestros, autoridades comunales, comités cívicos y estudiantes de la cuenca del río Pasaguay.
- Capacitación a agricultores sobre agricultura ecológica.
- Diseño, reproducción y colocación en lugares estratégicos de afiches con mensajes ambientalistas.
- Impartición de conferencias sobre los problemas ambientales del área a los habitantes de la misma.
- Proyección de videos y películas sobre temas ambientales a los habitantes del área.
- Creación y desarrollo de un programa ambiental de radio dirigido a los habitantes del área, con difusión a través de una emisora local.
- Reforestación colectiva.

ii) Fortalecimiento de la organización y el poder local**Justificación**

La organización de la población se considera un factor determinante para potenciar la participación ciudadana en el proceso de influenciar la toma de decisiones del poder público en el nivel local. En la cuenca se ha detectado que la organización de la población es débil. Además, la Corporación Municipal no cuenta con planes de desarrollo que orienten su que hacer, ni con el apoyo de una instancia técnica multidisciplinaria que oriente la toma de decisiones.

Objetivo

El objetivo del proyecto de fortalecimiento de la organización y el poder local es incentivar y promover la organización de los habitantes de la cuenca, en torno al desarrollo de procesos que propicien su propio bienestar. Además, mejorar la capacidad de la corporación municipal para

tomar decisiones técnicamente informadas, en todos los aspectos que tienden a la mejora del bienestar de la población.

Estrategias

- Integración de la unidad técnica municipal, para asesoría técnica en la solución de las demandas planteadas por la población, así como en el desarrollo de alianzas estratégicas que contribuyan a facilitar la formulación, ejecución y evaluación de planes municipales de desarrollo.
- Implementación de ciclos de actividades motivacionales, sobre la importancia de la organización para la participación ciudadana en toma de decisiones de la administración pública, con vecinos y estudios.

6.6.2.4. Programa de actividades no agrícolas

a) Justificación

La producción agropecuaria ha sido la principal actividad para la mayor parte de la población que habita la cuenca. Sin embargo, el crecimiento de la población en combinación con la falta de acceso a otros factores que incrementen la productividad de la tierra, hacen que, para muchas familias, la agricultura no sea más una actividad viable. Además, ningún otro sector productivo tiene presencia significativa en el área, como demandantes de fuerza de trabajo. Tal situación se traduce en la percepción de la población, en desempleo o falta de fuentes de trabajo. El desempleo aunado a la pérdida del poder adquisitivo de la moneda contribuye a que la pobreza se mantenga y, en el peor de los casos, aumente. De ahí surge la necesidad de plantear algunos proyectos que tiendan a diversificar las actividades productivas de la población.

b) Objetivo

El objetivo del programa de actividades productivas no agrícolas es desarrollar opciones, diferentes a la actividad agrícola, que generen ingresos para la población de la cuenca, contribuyendo a mejorar su calidad de vida.

c) Proyectos

i) Producción Artesanal

Justificación

La amplia variedad de materias primas (madera, arcilla, productos del bosque) existentes dentro de la cuenca, asociado a la cultura de los pobladores, son dos factores que pueden generar el desarrollo de actividades artesanales, las cuales, a la vez que generen ingresos económicos.

Objetivos

Fomentar la producción y comercialización de artesanía, generadoras de ingresos económicos no agrícolas.

Estrategias

- Brindar capacitación a hombres, mujeres y niños de edad no escolar en la producción artesanal sostenible.
- Promover la producción y uso de materias primas locales para actividades artesanales
- Fortalecer el remanente artesanal existente, principalmente en textiles típicos.
- Promover la comercialización de artesanías productivas en la cuenca.

En la figura 13 y 14 se presenta el mapa de propuesta de proyectos para el manejo de la cuenca del río Pasaguay

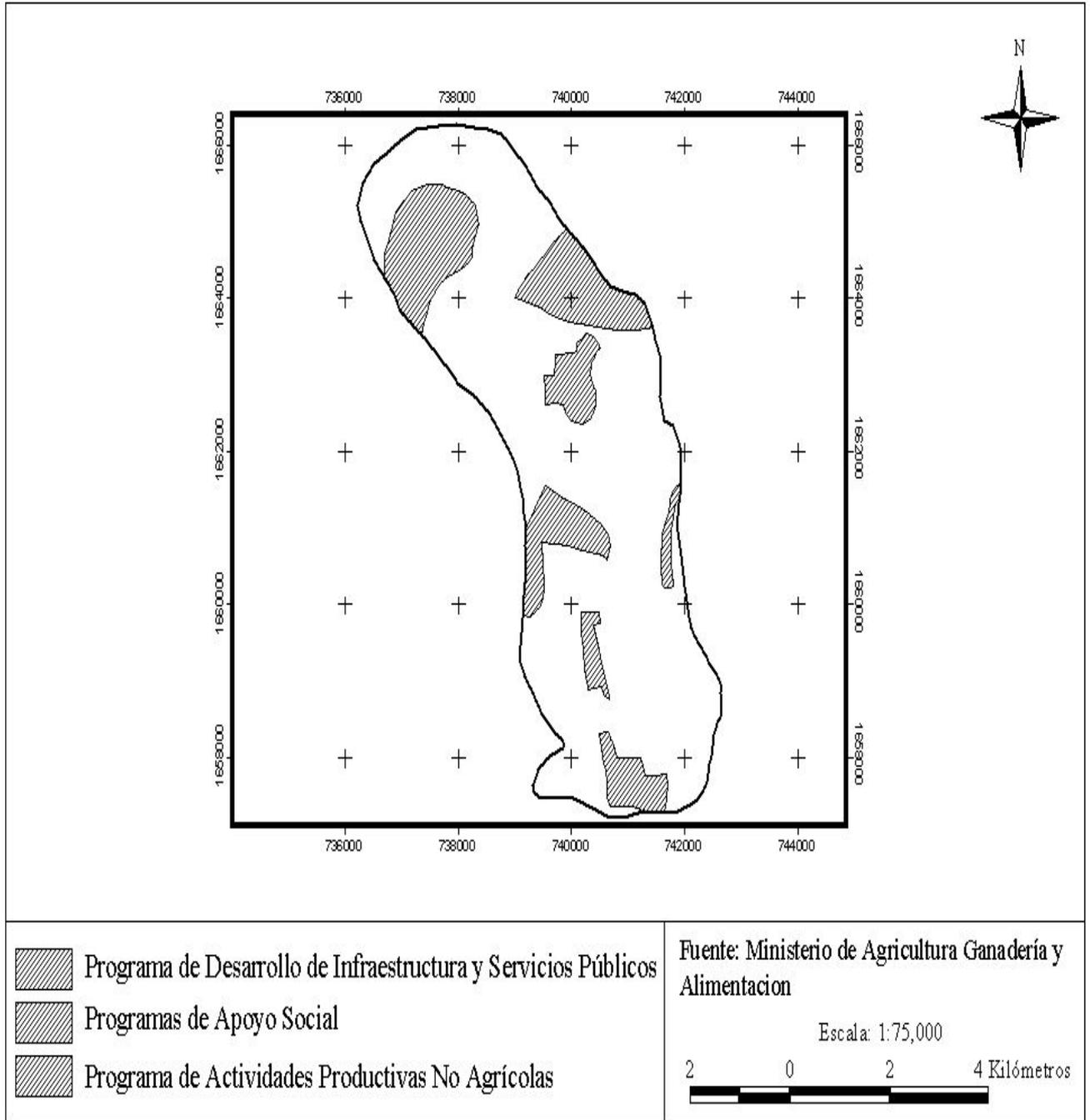


Figura 13. Mapa de propuesta de proyectos para el manejo de la cuenca del río Pasaguay

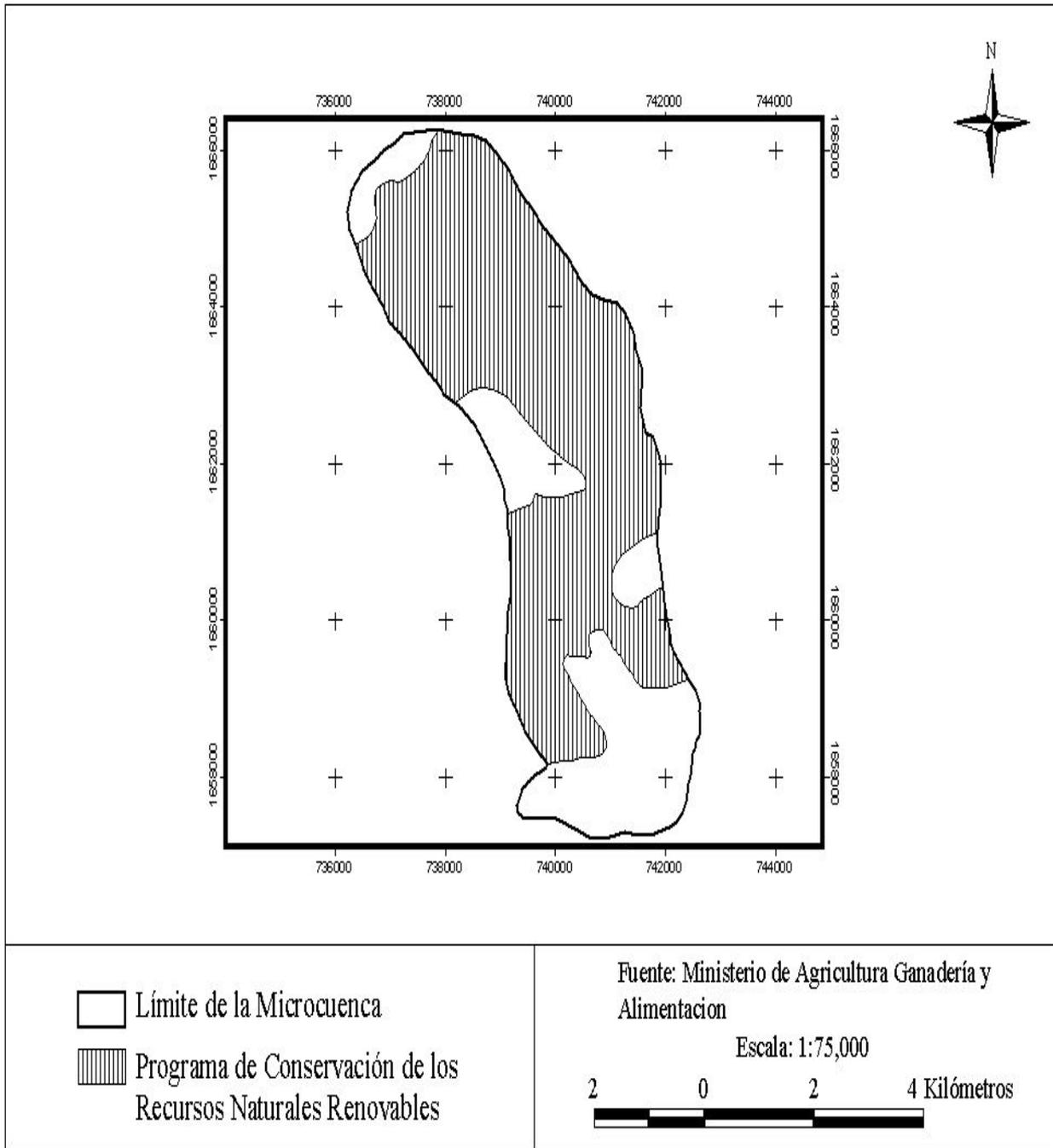


Figura 14. Mapa de propuesta de proyectos para el manejo de la cuenca del río Pasaguay

7. CONCLUSIONES

1. La cuenca del río Pasaguay tiene un área de 26.6 km², de forma larga y con baja densidad de drenaje. Tiene 9% de pendiente en su cauce principal, por lo que la cuenca responde lentamente a la escorrentía superficial. Para el año 2003 tuvo un caudal de 31.52 lt/seg en época seca y 444.25 lt/seg en época lluviosa.
2. En cuanto a la clasificación por capacidad de uso de la tierra, el 10.95% del área, equivalente a 2.91km², es apta para producción agrícola con limitaciones de pendiente, profundidad efectiva del suelo con prácticas de conservación de suelos, así como medidas agronómicas relativamente intensas de acuerdo a la metodología del Instituto Nacional de Bosques (INAB). En el resto del área, que corresponde a 23.69 km² o 89.05% del área, se encontraron las clases de capacidad de Tierras Forestales para Producción y Tierras Forestales de Protección para realizar un manejo forestal sostenible y para actividades forestales de protección o conservación ambiental.
3. En cuanto al uso que actualmente posee la tierra, se encontraron las categorías de uso siguientes: a) centros poblados constituidos por 8 caseríos (Chorraxaj, Xeabaj, Pasaguay, Quiacoj, Ixoc, Chijuc, Ocos, Tzitzil) y 1 paraje (Piedras Lisas), b) cuerpos de agua, c) cultivos anuales (6.71km²; 25.23% del área total), constituidos de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), d) bosques de coníferas (0.63 km², 2.38%), constituidos principalmente por pino colorado (*Pinus oocarpa*) y pino macho (*Pinus moctezumae*), e) asociación de cultivos anuales y bosque latifoliado (0.14 km², 0.50%), teniendo los roble y encino (*Quercus spp.*) como principales especies forestales, f) asociación de cultivos anuales y hortalizas (10.32 km², 38.8%), que incluye principalmente maíz y frijol y las hortalizas tomate y chile, g) asociación de cultivos anuales y bosque mixto (8.80 km², 33.09%), que tiene como especies forestales principalmente los pinos (*Pinus spp.*), robles y encinos (*Quercus spp.*), aliso (*Alnus spp.*).
4. Mediante el análisis de intensidad de uso de la tierra se determinó áreas que se encuentran bajo uso correcto (27.86% del área total) y tierras sobreutilizadas (72.14 %) que son áreas en donde el uso actual no es compatible con la capacidad de uso de la tierra.
5. Las características de calidad física, química y bacteriológica del recurso hídrico de la cuenca de río Pasaguay, sobrepasan los límites máximos aceptables y permisibles según reglamentos nacionales e internacionales, por lo que el agua no debe ser consumida por humanos directamente del río sin ser tratada previamente. Algunos indicadores refieren altos niveles de amoníaco, nitritos, nitratos y bacterias coliformes fecales, todos causantes de daños a la salud.
5. La población total de la cuenca fue de 8659 habitantes en el año 2002, con una densidad poblacional de 325 habitantes /km² y el grado de alfabetismo es de 21.96 %.

8. RECOMENDACIONES

1. Elaborar planes de manejo de la cuenca del río Paraguay, con la participación de las comunidades y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales presentes en el área.
2. Realizar estudios específicos con mayor detalle sobre la flora, fauna y suelos así como del recurso hídrico, considerando más puntos de muestreo del agua superficial y subterránea. También establecer un plan de monitoreo de la calidad y cantidad del agua.
3. En las áreas con menores pendientes hacer estudios específicos de suelos, para optimizar su uso y aprovechar las ventajas que presentan estos suelos de alto potencial productivo.
4. Incentivar y tecnificar la producción frutícola aprovechando las especies nativas de la región para mejorar las condiciones socioeconómicas de sus habitantes.
5. Realizar estudios similares en la región, con el fin de generar un plan de manejo de los recursos naturales de la sierra de Chuacus.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Boul, SW; Hole, FD; McCracken, RJ. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trad. por Agustín Contin. 2 ed. México, Trillas. 417 p.
2. CATIE, CR. 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, Proyecto G.C.R. / AID. 69 p.
3. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas y Regulaciones, GT). 1984. Especificaciones para agua potable; NGO 19-001. Guatemala. 106 p.
4. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento; según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. Esquit Donis, VE. *et al.* 1992. La cuenca hidrográfica: curso de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
6. García, S; Padilla, T; Salguero, M; Méndez, G. 2006. Identificación de áreas de recarga hídrica natural en los lugares que desaguan en el río Tzulba, formador del río Caquil. Revista Cultural Espíritu Xoy, Nueva época 6(15):1-4.
7. Herrera Ibáñez, IR. 1992. Aspectos fisiográficos: curso de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
8. _____. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
9. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1984. Mapa topográfico de la republica de Guatemala: hoja Chimaltenango, no. 2059-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
10. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1970. Mapa geológico de la republica de Guatemala: hoja Chimaltenango, no. 2059-IVG. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
11. _____. 1978. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. 4 tomos.
12. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
13. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. X censo de población y vi de habitación. Guatemala. s.p.
14. Lemmenhofer, CP. 1990. Sensores remotos y sistemas de información georeferenciada. *In* Seminario sobre Tecnología para el Estudio de la Tierra (1990, Guatemala). 1990. Guatemala, Plan de Acción Forestal para Guatemala. s.p.
15. Méndez B, G. 2007. Estudio socioeconómico de la microcuenca del río Tzulba (o río Xeabaj). Revista Cultural Espíritu Xoy, Nueva época 7(19):6.
16. Méndez Muñoz, CB. 1991. Estudio de las comunidades forestales de la cuenca del río Cocol, Joyabaj, Quiché. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 87 p.

17. Meza, C. 2003. Establecimientos y personal educativo. Joyabaj, Quiché, Guatemala, Coordinación de Educación de Joyabaj. s.p.
18. Microsoft, MX. 1997. Enciclopedia Encarta. México. 3 CD.
19. Monzón, R. 1999. Estudio general de los recursos agua, suelo y del uso de la tierra del parque nacional Laguna de Lachuá y su zona de influencia Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 97p.
20. Moreira Arana, EJ. 1998. Perfil de proyectos de reforestación para el astillero municipal de San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
21. MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, GT). 2001. Hospital de Joyabaj, Quiché del año 2002. Guatemala. 15 p.
22. OPS / OMS, CR. s.f. Compendio de cuatro reglamentos. Costa Rica. 90 p.
23. Ortega, M. 2003. Cantidad de habitantes que practican la religión católica y evangélica (entrevista). Joyabaj, Quiché, Guatemala, Presidente del Comité Agrícola de Quiacoj.
24. Pritchett, W. 1986. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Trad José Hurtado. México, Limusa. 634 p.
25. Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. San José, Costa Rica, GTZ / IICA. 338 p.
26. Robledo Hernández, WI. 2000. Manual para la caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas. Guatemala. 52 p.
27. Saborio, BJ. s.f. Introducción a los sistemas de información geográfica: material de apoyo al curso: manejo de cuencas y sistemas de información geográfica. Costa Rica, CATIE. 41 p.
28. Simmons, CH; Tárrano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 100 p.
29. Soberanis, M. 2003. Datos estadísticos de salud. Joyabaj, Quiché, Guatemala, Hospital Distrital de Joyabaj, Departamento de Estadística. s.p.
30. Storie, ER. 1970. Manual de evaluación de suelos. Trad. por Blackaller Valdés A. México, UTEHA. 225 p.
31. Tobías Vásquez, HA. 1997. Guía para la descripción de suelos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p.
32. Tobías, HA; Cabrera, C; Quezada, C; Méndez, C. 1994. Priorización de subcuencas del río Achiguate, en Guatemala, Centro América. Tikalia 12(1):1-6.

33. Tobías, HA; Ortiz López, A; López Búcaro, C; Monzón, JM; Guzmán, S; Méndez, MA; Herrera, M, Armira Atz, P; Cabrera, V; Herrera, I, Mota, E. 2003. Marco del plan de manejo sostenible de los recursos naturales renovables de la cuenca del río Itzapa. *Tikalía* 21(1):7-46.
34. Torres, G; Cuanalo de la Cerda, H; Ortiz, SC. 1981. Estudio comparativo de tres sistemas de clasificación de suelos (Americana, Francesa y FAO-UNESCO). *Agrociencia* no. 46:69-81.
35. Velásquez, S; Tobías, HA; Sandoval I, J; Ortiz, A; Méndez, C; Quezada, C. 1993. Priorización de cuencas de las vertientes de la república de Guatemala. *Tikalía* 11(1, 2):29-39.

10. APÉNDICE

APÉNDICE 1

BOLETA DE INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA

1. IDENTIFICACIÓN

Fecha _____
 Comunidad _____
 Familia entrevistada _____

2. DEMOGRAFÍA

Composición familiar _____
 ¿Quiénes viven en la casa? _____
 Asistencia a la escuela Si _____ No _____
 ¿Fueron censados en el
 último censo? Si _____ No _____

4. TENENCIA DE LA TIERRA

¿Tiene parcela y/o alquila? _____
 Tamaño de la parcela _____
 Calidad de la tierra (buena, regular, mala) _____
 Uso dado a la tierra _____

5. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Cultivos

Área por cultivo _____
 Rendimiento _____
 Épocas de siembra y cosecha _____
 Prácticas culturales _____

Pecuaria

Tipo de ganado _____
 Cantidad _____
 Propósito _____
 Lugares de pastoreo _____

Artesanía

Tipo de producto _____
 Cantidad producida _____

Destino de la producción

Autoconsumo _____
 Venta, lugares y forma de comercialización _____
 Almacenamiento _____

6. UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

¿Tiene montaña? _____
Extensión _____
Estado y lugar _____
Responsables del manejo _____
Usos del bosque y cacería _____

7. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS

Educación _____
Religión _____
Salud _____
Deportes y Cultura _____
Vías de comunicación _____

8. ORGANIZACIÓN

¿Qué organizaciones existen? _____
Relación con la comunidad _____
Labor que realizan _____
Participación de la mujer _____
Participación de los jóvenes _____

Apéndice 2

Cuadro 13A. Características de la población ubicada dentro de la cuenca del río Pasaguay en el año 2002

Comunidad	Categoría	Sexo		Grupos de edad				Grupo étnico		Alfabetismo		Nivel escolaridad				
		Masculino	Femenino	0-6	7-14	15-64	65 y mas	Indígena	No Indígena	Alfabeta	Analfabeta	Ninguno	Pre primaria	Primaria	Media	Superior
CHORRAXAJ	Caserío	1.028	1.088	557	516	976	67	2.116	-	551	1.008	1.002	7	526	24	
CHIJCUC	Caserío	88	91	40	39	87	13	98	81	67	72	72	-	54	13	-
IXOC	Caserío	125	157	65	76	130	11	271	11	85	132	132	-	78	7	-
OCOS	Caserío	25	23	8	9	26	5	48	-	9	31	31	-	9	-	-
PASAGUAY	Caserío	76	81	30	40	79	8	95	62	74	53	53	-	64	9	1
QUIACOJ	Caserío	453	524	236	262	442	37	874	103	254	487	471	19	245	6	-
TZITZIL	Paraje	262	319	145	150	266	20	581	-	122	314	313	1	122	-	-
XEABAJ	Caserío	1.783	1.896	874	896	1.773	136	3.678	1	617	2.188	2.172	20	607	6	-
PIEDRAS LISAS	Paraje	325	315	134	138	334	34	639	1	123	383	383	1	121	1	-
Totales		4165	4494					8400	259	1902	4668	4629	48	1826	66	1

Fuente: XI Censo de Población, VI de Habitación. 2002

Apéndice 3

Cuadro 14A. Características generales de habitación y servicios de agua, drenaje y electricidad durante el año 2002.

Comunidad	Total viviendas	Tipo de locas						Instalación			Total de Hogares
		Casa Formal	Apartamento	Palomar	Rancho	Improvvisada	Otro Tipo	Agua	Drenaje	Electricidad	
CHORRAXAJ	404	399	-	-	1	1	3	273	5	12	318
CHIJCUC	53	50	-	-	-	3	-	23	-	25	35
IXOC	61	50	-	-	10	1	-	45	-	-	48
OCOS	13	12	-	1	-	-	-	3	-	1	9
PASAGUAY	40	39	-	-	-	1	-	20	-	18	27
QUIACOJ	225	220	-	-	3	1	1	155	3	116	170
TZITZIL	129	111	1	-	17	-	-	66	-	10	100
XEABAJ	739	661	-	-	75	3	-	479	5	8	612
PIEDRAS LISAS	120	115	1	-	-	4	-	83	2	5	120
Totales	1784	1657	2	1	106	14	4	1167	15	195	1439

Fuente: XI Censo de Población, VI de Habitación. 2002

Apéndice 4

Cuadro 15A. Listado de participantes en el diagnóstico rural participativo

No.	Comunidad	Nombre	Comité	Integrantes
1	Ixoc	Pedro Larios Carmen Alberto Pérez	COCODE	2
2	Quiacoj	Antonio Zetino Larios Manuel Osorio Ortiz	COCODE	2
3	Chorraxaj	Miguel Alonzo Catarino Juárez Domingo Alonso Ramos	COCODE	3
4	Xeabaj	Cristóbal Tiniguar Ortiz Pedro Alonzo López Miguel Pablo Ortiz	COCODE	3
5	Tzitzil	Isidro Morales Zacarías Tomas Solís Pérez	COCODE	2
6	Chijuc	Cesar Quezada Arévalo José Orlando Soto H.	COCODE	2
7	Piedras Lisas	Juan Alonzo Hernández Juan Alonzo Hernández	COCODE	2
8	Pasaguay	Diego Castro Alonzo Manuel Pérez Agiatz	COCODE	2
9	Ocos	Santos Raquien Ralios Diego Alonzo y Alonzo	COCODE	2
10	Quiacoj	Maximino Ortega y Ortega Tomas Larios Guillermo Ralios Ramos	Presidente Comité Agrícola	3

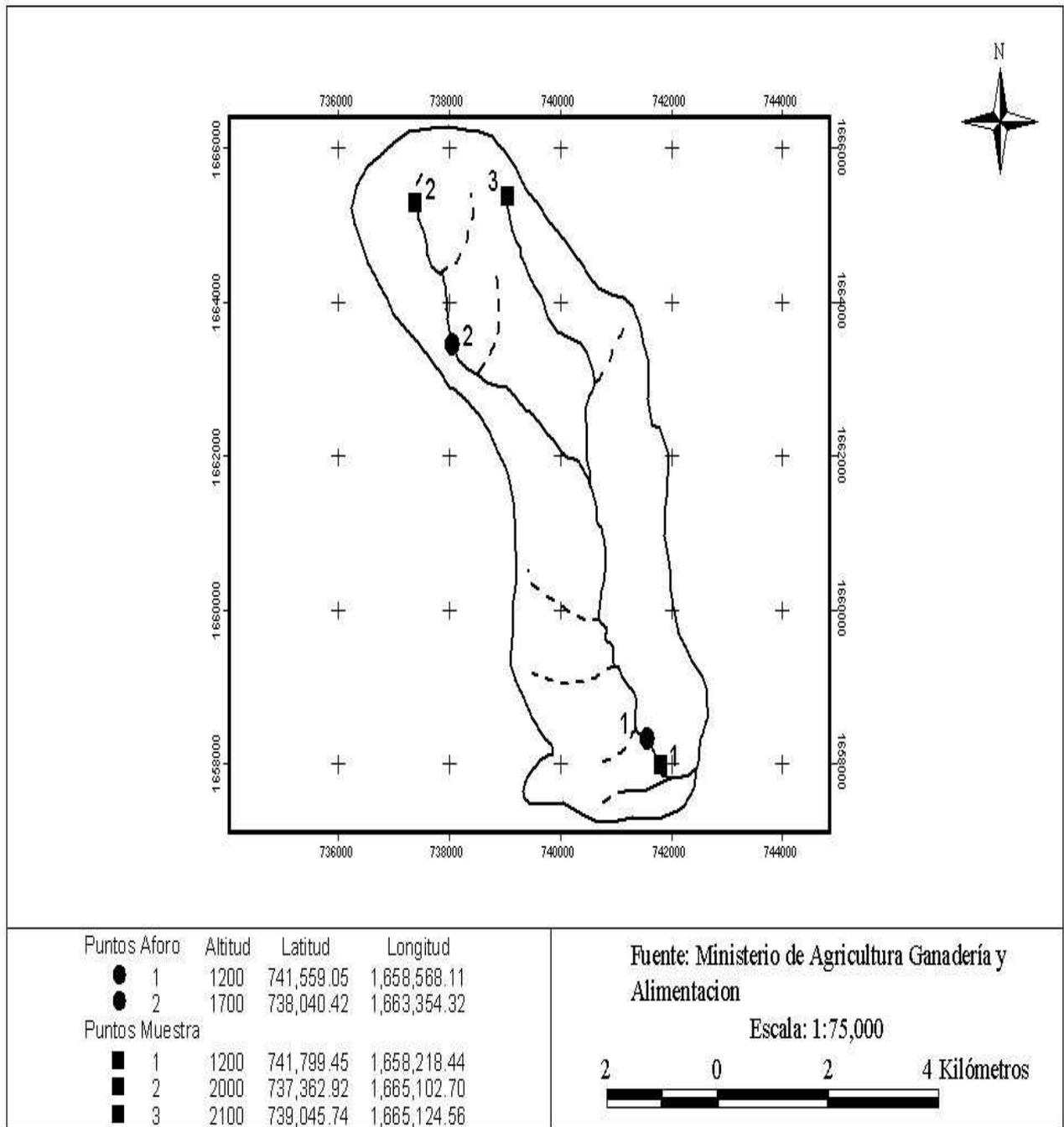


Figura 15A. Localización de los puntos de aforo y de muestreo para el estudio del recurso hídrico