

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**CARACTERIZACION PRELIMINAR Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO  
DE LA CUENCA DEL RIO CAQUIL, JOYABAJ, QUICHE**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**AXEL AURELIANO HERRERA PEREZ**

**En el acto de investidura como**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

**GUATEMALA, MARZO DE 2005**

DL  
01  
T(2160)

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LOPEZ</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. MANUEL DE JESUS MARTINEZ OVALLE</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Maestro JUVENCIO CHOM CANIL</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>Maestro BAYRON GEOVANY GONZALEZ CHAVAJAY</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. PEDRO PELAEZ REYES</b>

Guatemala, marzo de 2005

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

Distinguidos miembros:

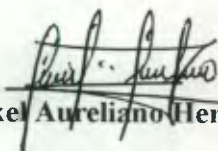
De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**CARACTERIZACION PRELIMINAR Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO  
DE LA CUENCA DEL RIO CAQUIL, JOYABAJ, QUICHE**

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,

  
Axel Aureliano Herrera Pérez

## ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS** Por iluminarme y permitirme culminar mi carrera y bendecirme al prestarme la vida.
- MIS PADRES** Aureliano Herrera Quezada.  
Angela Pérez Gil.
- MIS ABUELOS** Andrés Herrera y Jacinta Quezada (Q. E. P. D.)  
Salomón Pérez y Felicita Gil (Q. E. P. D.)
- MIS HERMANOS** Andrés, Jorge, Adriel y Miriam  
Quienes creyeron en mi anhelo,  
apoyándome incondicionalmente en todo momento.
- MIS SOBRINOS** Marleny, Manolo, Mario, Yenner, Patricia, Sandy,  
Brian, Fredy, Gerson, Jacqueline, Fernanda, Isel.  
Como un ejemplo en su futuro profesional.
- MIS TIOS Y TIAS** Por ser un ejemplo de trabajo y honradez.
- MIS PRIMOS** Gracias por su apoyo moral.
- MI CUÑADO** Fredy Velásquez Palacios. Gracias por sus consejos.
- MIS AMIGOS** Jorge Ramírez, Oscar Alvarado, Aurelio Quezada,  
Marvin Valdez, Jorge Solares, Alex Ascencio, Adolfo  
Quezada, Pablo Sigüenza, Walfer Martínez, Erlin  
Miranda, Milton Mickey, Danilo Jurarez, Zuchini País  
Francisco Sandoval, Carlos Pérez, Dany Girón,  
Marlon Dávila, Geisler Gómez, Ángel Ibarra, Antonio  
Pineda Franklin Chen, Walfer Ramos, Axel Córdova,  
Henry España, Doris Salaverria, Rita Tobías, Larissa  
Cabrera, Lidia Contreras, Zaparoli, Franck, Azael  
Mejia, Cirin, Camilo Medina, Baldomero Sandoval y  
a otros Amigos. Que han contribuido en mi  
formación.
- MI FAMILIA** En general.

## TESIS QUE DEDICO

A:

Dios

Mis Padres

Guatemala

Escuela Rural Mixta Chuaquenum

Francisco Méndez Escobar

Instituto Tecnológico Privado de Occidente

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

## AGRADECIMIENTOS PERSONALES

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 Maxdelio Herrera, Francisco Vásquez, Eugenio Orozco y Dr. Werner Gonzáles por sus recomendaciones brindadas con el afán de mejorar este trabajo de tesis.

Al Ingeniero y amigo Marlon Dávila por su apoyo y amistad brindada.

INDICE

CONTENIDO	Pag.
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1 Cuenca hidrográfica	4
3.1.1.1 Definición de cuenca hidrográfica	4
3.1.1.2 La cuenca como sistema	4
3.1.1.3 Cual es el objeto del manejo de una cuenca	5
3.1.1.4 Parte aguas	5
3.1.1.5 Perímetro de la cuenca	5
3.1.1.6 Area de la cuenca	5
3.1.1.7 Orden de una corriente	6
3.1.1.8 Curva de nivel	6
3.1.1.9 Pendiente	6
3.1.2 Efecto del área sobre el caudal	6
3.1.2.1 Tipología de las cuencas	7
3.1.4 Fotogrametría, fotointerpretación y cartografía	7
3.1.4.1 Fotogrametría	7
3.1.4.2 Teledetección	8
3.1.4.3 Sensores remotos	8
3.1.4.4 Geodesia	8
3.1.4.5 Cartografía	9
3.1.4.6 Mapas topográficos	10
3.1.4.7 Mapas temáticos o específicos	10
3.1.4.8 Elementos básicos de un mapa	10
3.1.4.9 Coordenadas geográficas	10
3.1.4.10 Escala	11

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 Biblioteca Central

3.1.4.11	Relieve	11
3.1.5	Sistemas de información geográfica	11
3.1.6	Recurso suelo	12
3.1.6.1	Suelo	12
3.1.6.2	Tierra	12
3.1.6.3	Pedón	12
3.1.6.4	Perfil de suelo	12
3.1.6.5	Horizonte	12
3.1.6.6	Calicata	12
3.1.6.7	Capacidad de uso de la tierra	13
3.1.6.8	Clasificación de suelos y tierras	13
3.1.6.9	Sistemas de clasificación de tierras por capacidad de uso (INAB)	13
3.1.6.9.1	Descripción de la metodología	13
3.1.6.9.2	División del país en regiones naturales	14
3.1.6.9.3	Tierras metamórficas	15
3.1.6.9.4	Factores que determinan la capacidad de uso de la tierra	15
3.1.6.9.5	Descripción de las variables y forma de estimarlas	15
3.1.6.9.6	Categorías de capacidad de uso	16
3.1.6.9.7	Matrices de decisión y asignación de categorías de uso	16
3.1.7	Recurso bosque	17
3.1.7.1	Efecto de la cobertura forestal sobre el régimen hídrico de la cuenca	17
3.2	MARCO REFERENCIAL	19
3.2.1	Estudios realizados en Joyabaj	19
3.2.2	Características del área de estudio	20
3.2.2.1	Ubicación	20
3.2.2.2	Area	20
3.2.2.3	Geología	20
3.2.2.4	Suelos	20
3.2.2.5	Clima	20
3.2.2.6	Hidrografía	21
3.2.2.7	Vegetación	21



3.2.2.8 Características socioeconómicas	21
4. OBJETIVOS	22
4.1 General	22
4.2 Específicos	22
5. METODOLOGÍA	23
5.1 Reconocimiento del área de estudio	23
5.2 Recopilación de información secundaria	23
5.3 Caracterización morfométrica	23
5.3.1 Aspectos lineales	23
5.3.2 Aspectos de superficie	24
5.3.3 Aspectos de relieve	24
5.4 Clasificación de tierras por capacidad de uso	25
5.4.1 Fase de gabinete	25
5.4.1.1 Recopilación y análisis de información biofísica sobre el área	25
5.4.1.2 Elaboración del mapa de unidades fisiográficas	25
5.4.1.3 Elaboración del mapa de pendientes	25
5.4.1.4 Mapa de uso de la tierra	25
5.4.2 Fase de campo	25
5.4.2.1 Verificación de los límites de las unidades de mapeo	25
5.4.2.2 Determinación de profundidades de suelo y factores modificados	26
5.4.2.3 Integración del mapa de unidades de tierra	26
5.4.2.4 Elaboración del mapa de capacidad de uso	26
5.5 Clasificación de tierras por tipo de cobertura	26
5.7 Características del recurso hídrico	26
5.7.1 Balance hídrico	26
5.7.1.1 Precipitación pluvial	26
5.7.2 Registro de manantiales	27
5.7.3 Calidad física y química	27
5.7.4 Calidad bacteriológica	27
5.8 Características socioeconómicas de la cuenca	27
5.9 Diagnóstico de la cuenca	27
5.9.1 Metodología participativa	27
5.9.1.1 Reloj de 24 horas (1 día)	27

5.10 Propuesta de manejo	28
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
6.1 ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO	29
6.1.1 Calidad física y química	29
6.1.2 Calidad bacteriológica	31
6.1.3 Distribución	32
6.1.3.1 Aspectos lineales	32
6.1.3.2 Aspectos de superficie	34
6.1.3.3 Análisis de las características morfométricas de la cuenca del río Caquil	35
6.1.4 Cantidad	38
6.1.4.1 Precipitación pluvial	38
6.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	39
6.2.1 Ubicación, extensión y límites	39
6.2.2 Potencial productivo	39
6.2.3 Descripción de recursos naturales	39
6.2.4 Descripción de aspectos sociales	40
6.2.5 Organización social	41
6.2.6 Infraestructura existente en el lugar	42
6.2.7 Actividades productivas	42
6.2.8 Descripción de la dinámica de trabajo	44
6.3 PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO DE LA CUENCA CAQUIL	44
7. CONCLUSIONES	48
8. RECOMENDACIONES	49
9. BIBLIOGRAFÍA	50
10. ANEXO	53

## INDICE DE CUADROS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pag.</b>
<b>Cuadro 1.</b>	Matriz de capacidad de uso de la tierra para la región tierra metamórfica.	17
<b>Cuadro 2.</b>	Resultados de los análisis físicos de las muestras de agua del río Caquil.	29
<b>Cuadro 4.</b>	Resultados de los análisis químicos de las muestras de agua del río Caquil.	30
<b>Cuadro 5.</b>	Resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua del río Caquil.	32
<b>Cuadro 6.</b>	Número de orden y longitudes de corrientes.	34
<b>Cuadro 7.</b>	Características de las estaciones estudiadas.	38
<b>Cuadro 8.</b>	Precipitación pluvial (mm) de la región durante 6 años (1998 – 2003).	38

## INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO		Pag.
<b>Figura 1A.</b>	Mapa de ubicación de la zona de estudio	55
<b>Figura 2.</b>	Corrientes hidrográficas de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché	33
<b>Figura 3.</b>	Mapa hipsométrico de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché	36
<b>Figura 4.</b>	Mapa de pendientes de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché	37
<b>Figura 5.</b>	Mapa de uso y cobertura del suelo de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché	47

**CARACTERIZACION PRELIMINAR Y PROPUESTA DE LINEAMIENTO DE MANEJO  
DE LA CUENCA DEL RIO CAQUIL, JOYABAJ, QUICHE**

**PRELIMINARY CHARACTERIZATION AND PROPOSAL OF LIMIT OF HANDLING  
DE THE BASIN OF THE RIVER CAQUIL, JOYABAJ, QUICHE**

**SUMMARY**

**RESUMEN**

El presente estudio da los lineamientos de manejo para la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché, ya que en la misma se evidencia una mala utilización de los recursos naturales. Estos problemas se han venido agudizando con el crecimiento demográfico y los problemas de la deforestación y el avance de la frontera agrícola. Para realizar el diagnóstico adecuado de la situación y poder emprender un plan de acción se requirió de gran cantidad de información y el trabajo coordinado entre grupos organizados de la región, así como también instituciones relacionadas.

Los resultados de laboratorio indican que la calidad física y química del recurso hídrico de la cuenca del río Caquil no sobrepasan los límites máximos aceptables y permisibles, según reglamentos nacionales e internacionales, pero no así en la calidad bacteriológica del mismo ya que existen altos niveles de bacterias coliformes totales y fecales por lo que el agua no puede utilizarse para ser consumida directamente por los humanos, ya que puede causar daños a la salud.

La cuenca del río Caquil, en un 50.88% (12.77 km<sup>2</sup>) presenta una pendiente del 16 – 32% la cual se ubica en la parte norte de la misma, mientras que 6.13% (1.54 km<sup>2</sup>) del área presenta una pendiente entre el 4 – 8%, la cual se ubica en la parte baja de la cuenca, siendo esta área la destinada para el cultivo de hortalizas.

La utilización irracional de los recursos naturales y la inexistencia de sistemas sanitarios, afectan negativamente el ecosistema; principalmente el recurso hídrico, como consecuencia las enfermedades Síndrome diarreico, Parasitismo y Cólera, reportadas por el Centro de Salud a causa de consumo de agua contaminada. En forma general se propone manejar la cuenca del río Caquil basándose en la intensidad de uso de la tierra los cuales están orientados a promover un desarrollo sostenible. 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.

Se recomienda utilizar la información generada en este estudio para elaborar planes de manejo de la cuenca del río Caquil, con la participación de las comunidades y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, así mismo realizar estudios específicos con mayor detalle sobre la flora y fauna, el recurso hídrico con mas puntos de muestreo del agua superficial y subterránea, establecer un plan de monitoreo de la calidad y cantidad del agua, estudios a mayor detalle de suelos y tierras; en las áreas con menores pendientes hacer estudios específicos del suelo para optimizar su uso y aprovechar las ventajas que presentan mismos y promover el potencial ecoturísticos de la cuenca con sus atractivos escénicos y culturales, vinculándolos a otros lugares cercanos.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las instituciones nacionales se han preocupado por los crecientes problemas derivados de la utilización inadecuada de que son objeto los recursos naturales. Guatemala es un país que cuenta con una diversidad de ecosistemas, conformados por condiciones climáticas variadas y recursos naturales muy diversos como el suelo, agua, vegetación; posee relieves que van desde planicies a montañas quebradas con pendientes inclinadas desde el nivel del mar hasta las altiplanicies, formando una amalgama de paisajes, dando lugar a una gran biodiversidad de flora y fauna.

El concepto de cuenca hidrográfica, considerada como la unidad natural de planificación, responde perfectamente a las expectativas creadas, por lo que es conveniente lograr que ésta sea manejada y aprovechada en forma racional. Bajo este punto de vista, la caracterización así como la planificación del manejo de los recursos naturales en la cuenca del río Caquil se convierte en una herramienta imprescindible, ya que permite conocer las características biofísicas y socioeconómicas, identificando y definiendo algunos problemas como tensiones, conflictos sociales y las potencialidades que ésta presenta.

Esta investigación da los lineamientos de manejo para la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché, ya que en esta cuenca se evidencia una mala utilización de los recursos naturales. Estos problemas se han venido agudizando con el crecimiento demográfico y los problemas de la deforestación y el avance de la frontera agrícola.

Para realizar el diagnóstico adecuado de la situación y poder emprender un plan de acción se requirió de gran cantidad de información y el trabajo coordinado entre grupos organizados de la región, así como también instituciones relacionadas.

Las características de calidad física y química del recurso hídrico de la cuenca del río Caquil no sobrepasan los límites máximos aceptables y permisibles, según reglamentos nacionales e internacionales; en la calidad bacteriológica del mismo existen altos niveles de bacterias coliformes totales y fecales por lo que el agua no puede utilizarse para ser consumida directamente por los humanos, ya que puede causar daños a la salud.

La cuenca del río Caquil, en un 50.88% (12.77 km<sup>2</sup>) presenta una pendiente del 16 – 32% la cual se ubica en la parte norte de la misma, mientras que 6.13% (1.54 km<sup>2</sup>) del área presenta una pendiente entre el 4 – 8%, la cual se ubica en la parte baja de la cuenca, siendo esta área la destinada para el cultivo de hortalizas.

La utilización irracional de los recursos naturales y la inexistencia de sistemas sanitarios, afectan negativamente el ecosistema; principalmente el recurso hídrico, como consecuencia las enfermedades Síndrome diarreico, Parasitismo y Cólera, reportadas por el Centro de Salud a causa de consumo de agua contaminada. En forma general se propone manejar la cuenca del río Caquil basándose en la intensidad de uso de la tierra los cuales están orientados a promover un desarrollo sostenible. 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.

Se recomienda utilizar la información generada en este estudio para elaborar planes de manejo de la cuenca del río Caquil, con la participación de las comunidades y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, así mismo realizar estudios específicos con mayor detalle sobre la flora y fauna, el recurso hídrico con mas puntos de muestreo del agua superficial y subterránea, establecer un plan de monitoreo de la calidad y cantidad del agua, estudios a mayor detalle de suelos y tierras; en las áreas con menores pendientes hacer estudios específicos del suelo para optimizar su uso y aprovechar las ventajas que presentan mismos y promover el potencial ecoturísticos de la cuenca con sus atractivos escénicos y culturales, vinculándolos a otros lugares cercanos.



## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los recursos naturales del río Caquil, Joyabaj están padeciendo un deterioro acelerado debido a la utilización irracional de los recursos naturales y la inexistencia de sistemas sanitarios, lo que afecta negativamente el ecosistema, entre ellos al recurso hídrico el cual está siendo contaminado constantemente con aguas negras procedentes de los poblados que se localizan en la rivera de la cuenca, lo que ha provocado la presencia de altos niveles de bacterias coliformes totales y fecales por lo que el agua no puede utilizarse para consumo humano; según el Centro de Salud el síndrome diarreico, el parasitismo y el cólera son las enfermedades que constantemente se presentan en las personas de la región.

La degradación de los recursos naturales ha provocado serios daños problemas ambientales tales como la deforestación, la erosión, los deslizamientos de tierras y contaminación del agua superficial, lo que se traduce en cambios en su calidad y cantidad. Además no existe un plan para el aprovechamiento ordenado de los recursos y así obtener algún tipo de beneficio.

Por algunos de los datos mencionado anteriormente se demuestra que la mala utilización de los recursos están llevando en forma rápida al deterioro de los mismos debido a un uso irracional de ellos, siendo en la actualidad uno de los problemas mas relevantes que afectan a las comunidades del área rural.

Es importante mencionar que el área está sometida a una fuerte presión demográfica (105 habitantes/km<sup>2</sup>), lo que ha provocado que los recursos naturales se deterioren en forma acelerada.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Cuenca hidrográfica

###### 3.1.1.1 *Definición de cuenca hidrográfica*

Herrera Ibáñez (1995) define la cuenca hidrográfica como el área drenada por una corriente o por un sistema de corrientes, cuyas aguas concurren a un mismo punto de salida.

La cuenca hidrográfica se concibe como un sistema natural dinámico compuesto de elementos; biológicos, físicos y antrópicos que reacciona 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, 8).

Por su parte Robledo Hernández (2000) indica que la cuenca hidrográfica es el espacio territorial limitado por las partes mas 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 mas grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas “divoritorium aquarum”. Los limites están claramente marcados y normalmente no corresponden con limites administrativos u otros limites.

La cuenca hidrográfica 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 limites de la cuenca o “divisoria de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes mas altas del área que encierra un río (28, 34).

###### 3.1.1.2 *La cuenca como sistema*

La cuenca como sistema nos indica que la misma está conformada por 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 (28).

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 (14, 28).

### **3.1.1.3 Cual es el 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 (28).

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 (4, 28).

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 y leña (24).

### **3.1.1.4 Parte aguas**

Herrera Ibáñez (1995) define al parte aguas como la 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”.

La línea entre cuencas, subcuencas o microcuencas y no es mas que los límites determinados por las partes mas altas del área y que separan la dirección del flujo de la escorrentía superficial (29).

### **3.1.1.5 Perímetro de la cuenca**

Herrera Ibáñez (1995) dice que el perímetro de una cuenca no es mas 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 curvímetro.

### **3.1.1.6 Area de la cuenca**

Herrera Ibáñez (1995) indica que el área de la cuenca es 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.

#### **3.1.1.7 Orden de una corriente**

Herrera Ibáñez (1995) menciona que el orden de una corrientes es la medida de las ramificaciones del cauce principal en una cuenca hidrográfica, el numero de orden va con relación al numero de bifurcaciones de una corriente.

#### **3.1.1.8 Curva de nivel**

Curva de nivel es la 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 (15, 33).

#### **3.1.1.9 Pendiente**

Para Herrera Ibáñez (1995) la 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 medio de las curvas de nivel.

### **3.1.2 Efecto del área sobre el caudal**

Para Esquit Donis (1992) si todos los factores incluyendo la profundidad, la infiltración y la intensidad de lluvia permanecen constantes, la esorrentía total expresada en milímetros 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 varia 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 mas intensas para las cuencas pequeñas y viceversa para las cuencas grandes.

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 (13, 30) .

Esquit Donis (1992) menciona que 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 kilómetros cuadrados por lo tanto, es mas posible que las cuencas grandes tengan un caudal sostenido en sequía que cuencas pequeñas.

### **3.1.2.1 Tipología de las cuencas**

Consiste en la clasificación de las cuencas de acuerdo a sus características físicas y socioeconómicas, para lo cual Aguilar Marroquín (1992) propone los siguientes criterios:

- A. Según el uso dominante de la tierra.
- B. Según el tipo dominante de tenencia de la tierra.
- C. Según el tipo dominante de explotación agrícola.
- D. Según la existencia del área con régimen jurídico especial.
- E. Según la altitud de las cuencas.
- F. Según el área.
- G. Según el proceso dominante erosivo.
- H. Según el torrente hidrológico de las crecidas.
- I. Según la torrencialidad.
- J. Según el clima.
- K. Según el tratamiento aplicado

### **3.1.4 Fotogrametría, fotointerpretación y cartografía**

#### **3.1.4.1 Fotogrametría**

La Fotogrametría es la ciencia que toma 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 (21).

### **3.1.4.2 Teledetección**

la Teledetección es el 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 (21).

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, esta registrando la energía electromagnética. Muchos sistemas de teledetección toman fotografías; otros registran energía electromagnética invisible como rayos infrarrojos o microondas.

### **3.1.4.3 Sensores remotos**

Los sensores remotos son frecuentemente cámaras fotográficas. 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 (21).

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

### **3.1.4.4 Geodesia**

La geodesia es la ciencia de la matemática que tienen como objeto determinar y diseñar de forma gráfica la extensión y posición de los elementos que 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 reflejan 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 (21).

### 3.1.4.5 Cartografía

La cartografía o trazado de mapa es un conjunto de técnicas y una materia de estudio académico. La realización de mapas requiere tradicionalmente (21):

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 posean diferentes grados de habilidad en la lectura de mapas, pueda 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.

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, sí existen diversos métodos empíricos que pueden servir de guía al cartógrafo.

#### **3.1.4.6 Mapas topográficos**

El tipo básico de mapa utilizado para representar áreas del terreno es el mapa topográficos. 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 la 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 (21).

#### **3.1.4.7 Mapas temáticos o específicos**

Entre los mapas mas 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 (21).

Otros mapas específicos son: los mapas políticos, que muestran solo las ciudades y las divisiones políticas administrativas sin rasgos topográficos; los mapas geológicos que muestran la edad de las rocas y la estructura geológicas 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 laminas de plástico en uno molde. Los mapas en relieve se utilizan mucho en planificación militar y en ingeniería.

#### **3.1.4.8 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 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 (21).

#### **3.1.4.9 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 se basan en los meridianos de longitud y en los paralelos de latitud. Por acuerdo, la longitud se mide hasta 180° o a partir de 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 lamina 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 (21).

#### **3.1.4.10 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 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 (21).

#### **3.1.4.11 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 este 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) (21).

Existen otros métodos para indicar 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 mas oscura y así sucesivamente (21).

### **3.1.5 Sistemas de información geográfica**

Se entiende por sistema de información geográfica al sistema de información asistido por la computadora para ingresar, manipular y desplegar datos especiales, cuyo objetivo es tener: ubicación especial del problema en estudio, un sistema normal de recolección de datos, información organizada, información actualizada, información instantánea, representación grafica del problema y permitir modelos complejos (31).

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 (19).

### **3.1.6 Recurso suelo**

#### **3.1.6.1 Suelo**

Cuerpo natural formado a partir de materiales minerales y orgánicos que cubren parte de la superficie terrestre, que contiene materia viva y que pueden soportar vegetación natural y que algunos casos han sido transformados por la actividad humana (3, 10).

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.

#### **3.1.6.2 Tierra**

Area geográfica que comprende el ambiente incluyendo el clima, relieve, hidrológica y vegetación. Entre sus componentes se encuentran las actividades humanas. Es un concepto que incluye al mismo suelo (35).

#### **3.1.6.3 Pedón**

Es el volumen mas pequeño de lo que se puede llamar suelo. El pedón tiene tres dimensiones, su limite inferior es vago y algo arbitrario entresuelo y "no suelo". Los limites laterales no son lo suficientemente grandes como par permitir el estudio de la naturaleza de cualesquiera de los horizontes presentes. Su área va de 1 a 10 metros cuadrados, lo que depende de la variabilidad de los horizontes. La forma de un pedón se representa como una forma hexagonal (3, 32).

#### **3.1.6.4 Perfil de suelo**

El perfil de suelo nos indica que 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 esta 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 (35).

#### **3.1.6.5 Horizonte**

Es una capa mas 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 (35).

#### **3.1.6.6 Calicata**

Es una agujero que abre en el suelo. generalmente de superficie rectangular y profundidad variable, en donde se puede observar, describir y muestrear los horizontes que comprende el perfil de un

suelo. Las dimensiones comunes son de 1 x 2 metros cuadrados de ancho y 1.5 metros de profundidad. Recibe otros nombres como: pozo de observación de trinchera (35).

### **3.1.6.7 Capacidad de uso de la tierra**

Es el uso mas intensivo que permite una unidad de tierra sin deteriorarse, considerándose que los usos menos intensivos son correctos (6).

### **3.1.6.8 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 (1770 – 1778) (7, 36).

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 microrelieva, erosión y drenaje externo o superficial (12).

En cuanto a las condiciones físicas se mencionan: el color, la profundidad del suelo, permeabilidad 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 calcio, capacidad de intercambio de bases, contenido de sal, condiciones toxicas, cantidad asimilable de fósforo, potasio asimilable, elementos menores y el nivel de fertilidad (7).

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 mas uniformes que los suelos primarios de las lomas y las montañas. Con respecto al color, hace ver que es uno de los caracteres mas 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 se distinguen de otros 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 (12).

### **3.1.6.9 Sistemas de clasificación de tierras por capacidad de uso (INAB)**

#### **3.1.6.9.1 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:

- A. Guatemala es un país que a pesar de tener relativamente una extensión territorial, cuenta con gran diversidad de condiciones biofísicas.
- B. 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.
- C. 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).
- D. Se diferencian rangos en los niveles de los factores limitantes, según la región natural en que se dividió el país.
- E. Las categorías de capacidad de uso, presentan un ordenamiento de mayor a menor intensidad de uso posible.
- F. 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.

#### *3.1.6.9.2 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 (6).

Las regiones definidas son las siguientes (6):

- A. Tierras de la llanura costera del pacífico
- B. Tierras volcánicas de la boca costa
- C. Tierras altas volcánicas
- D. Tierras metamórficas

- E. Tierras calizas altas del norte
- F. Tierras de las llanura de inundación del norte

### **3.1.6.9.3 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 volcánicas y el extremo norte los materiales calizos.

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 e Izabal.

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

### **3.1.6.9.4 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 a pendiente del terreno, ambos varían en sus rangos dentro de las regiones en que se dividió el país. Adicionalmente se consideran la pedregosidad (superficie e interna) y el drenaje superficial como factores que en forma temporal o permanente pueden modificar la capacidad de uso de la tierra. Estos 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 como usos de naturaleza forestal y agroforestal (6).

### **3.1.6.9.5 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 (6):

#### **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 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.

#### **3.1.6.9.6 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 (6).

- 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)

#### **3.1.6.9.7 Matrices de decisión y asignación de categorías de uso**

Al combinar los niveles de los factores profundidad de suelo 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 (6).

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 (cuadro 1).

Es importante observar que en las matrices, cuando se consideran mas 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.

**Cuadro 1.** Matriz de capacidad de uso de la tierra para la región tierra metamórfica.

<i>Profundidad del suelo</i>	<b>PENDIENTES (%)</b>				
	<i>&lt;12</i>	<i>12 - 26</i>	<i>26 - 36</i>	<i>36 - 55</i>	<i>&gt; 55</i>
> 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

### 3.1.7 Recurso bosque

#### 3.1.7.1 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 reforestadas que existen sobre suelo similares (5, 23).

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 podría tener sistemas de pastoreo, en los cuales exista al mismo tiempo una buena densidad de árboles (27).

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 (27).

Cuando se refiere 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 mas agua que una vegetación mas 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 (27).

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 Christen citado por De las Salas, 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 critica, ya que hay sitios en donde la precipitación no es suficiente para una reforestación comercial, sobre todo debido a la época de sequía largas (27).

Existen especies que pueden adaptarse a las condiciones de sequía y por lo tanto son capaces de extraer mas agua del suelo durante épocas secas marcadas. Por lo tanto, dichas especies estarán 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 grane 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 tropicales. De este modo no es suficiente considerar una cobertura de árboles tropicales. De este modo no es suficiente considerar una cobertura de árboles siempre con una buena protección para las cuencas, ya que las mismas especies, la calidad de los rodales, los efectos de las nutrimentos forestales, las practicas silviculturales y otros factores deben tomarse en cuenta (27).



## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 Estudio realizado en Joyabaj

Méndez Muñoz (1991) estudió las comunidades forestales de la cuenca del río Cocol, Joyabaj, El Quiché, 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 .

Méndez Muñoz (1991) concluyó que la cuenca del río Cocol presenta un considerable grado de deterioro, al ser influenciado por una relativa alta densidad poblacional, la cual debido a sus necesidades básicas se han destruido el bosque en varias formas, principalmente mediante la sustitución de áreas del mismo por cultivos de granos básicos. En esa manera el área boscosa ha ido disminuyendo constantemente, sin implementarse medidas para su conservación, sin siquiera tenerse un conocimiento científico de sus principales características, que pudiera servir de base para la implementación de aquellas.

La importancia de ésta investigación fue la de generar información básica (composición florística, densidad arborea, área basal, etc.), bajo un enfoque ecológico de tipo académico, traducido en una definición y descripción de las comunidades forestales del área.

A partir de información adicional obtenida de las unidades muestrales para árboles, determinó el valor de importancia de las especies encontradas en el estrato arboreo y con base en esta información realizó una clasificación de los rodales, llegando a definir, y a posteriormente describir en forma florística fundamentalmente 12 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 moctezumae*, *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 arboreo fueron, en su orden, *Pinus oocarpa* Schiede, *Quercus peduncularis* Nee y *Pinus montezumae* Lambert (20).

Finalmente recomienda el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo, para conocer la dinámica de las comunidades y la realización de estudios de suelos, para interpretar la diferenciación de los grupos vegetacionales (20).

### 3.2.2 Características del área de estudio

#### 3.2.2.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en la cuenca del río Caquil, del municipio de Joyabaj, en el departamento de El Quiché, Según el Instituto Geográfico Militar (1984) limita al Norte con el caserío Xebalanguac y Chicoton, al Este con la aldea Las Azucenas, al Oeste con la aldea Xeabaj e Ixoc, al Sur con la aldea Chiaj y Chijuc.

La cuenca del río Caquil se encuentra comprendida entre los meridianos  $90^{\circ} 42' 12''$  de longitud Oeste y los paralelos  $14^{\circ} 54' 28''$  de latitud Norte a 1,210 metros sobre el nivel del mar (**Figura 1A**).

#### 3.2.2.2 Area

El área de estudio de la cuenca del río Caquil, joyabaj, El Quiché tiene una extensión de 26.28 kilómetros cuadrados.

#### 3.2.2.3 Geología

Según el Instituto Geográfico Nacional (1970) esta área se caracteriza por materiales geológicos constituidos por rocas filias, dioritas y serpentinas.

#### 3.2.2.4 Suelos

La mayor parte del territorio esta ubicado en la región de las tierras altas cristalinas del altiplano central, con montañas bajas y colinas, moderadamente escarpadas, una parte corresponde al altiplano occidental, Sierra de Chuacús, con montañas fuertemente escarpadas.

#### 3.2.2.5 Clima

De acuerdo con la metodología por Holdridge, citado por Cruz (1982) el área de estudio se enmarcan dos zonas de vida las cuales se encuentran clasificadas como:

**Bosque Húmedo Subtropical Templado (BHST):** Se caracteriza esta zona por tener precipitaciones de 1200 a 1349 mm como promedio anual, la temperatura promedio anual varia entre 20 y 26 °C, los terrenos son ondulados a accidentados y escarpados.

**Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (BHMBBS):** La precipitación anual varía entre 1057 a 1588 mm, con temperaturas de 15 a 23 °C la topografía es plana y en las áreas accidentadas están cubiertas por vegetación.

### 3.2.2.6 Hidrografía

De acuerdo al Instituto Geográfico Nacional (1970) el río Caquil se origina al sur del cerro Chimachó, entre los caseríos Xebalamguac y Chicotón con un curso de noreste a suroeste, en la aldea Caquil recibe el río Tzulba. 1 ½ km aguas abajo rumbo sur le afluye al río Pasaguay. Cambia su rumbo hacia el sureste. 1 ½ km al sur de la aldea Palibatz recibe el río El Arco. Al oeste del sitio arqueológico Cucul y al norte de la finca del río Blanco en el propio Motagua.

### 3.2.2.7 Vegetación

Según el diagnóstico preliminar del área de estudio de la cuenca del río Caquil entre alguna de las especies predominantes están:

- Aliso (*Alnus jorulensis*)
- Pino (*Pinus pseudostrobus*)
- Pino colorado (*Pinus oocarpa*)
- Pino de ocote (*Pinus moctezumae*)
- Encino (*Quercus sp*)
- Nance (*Byrsonima crassifolia*)
- Duraznillo (*Ostrya sp*)

### 3.2.2.8 Características socioeconómicas

#### A. Población

La población actual de la cuenca del río Caquil es de 2,510 habitantes, los cuales están distribuidos entre las comunidades de Xepepén, Xebalamguac y Paxtup; según el último censo poblacional están distribuidos, por sexo, de la siguiente manera: 1,435 hombres y 1,075 mujeres. Con un promedio de 7 miembros por familia y un total de 370 hogares (25).

#### B. Accesibilidad

Según el Diccionario geográfico de Guatemala (1978) el área de estudio se encuentra de la cabecera municipal a 9 km y es transitable durante todo el año.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 General

Caracterizar los recursos naturales renovables de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiche en forma preliminar para proponer lineamientos de manejo en forma general.

### 4.2 Específicos

1. Caracterizar los recursos naturales (suelo, agua y bosque) de la cuenca del río Caquil en forma preliminar.
2. Determinar las características socioeconómicas de la cuenca del río Caquil y su influencia sobre el uso de los recursos naturales renovables del área.
3. Proponer lineamientos generales para el manejo de los recursos naturales de la cuenca del río Caquil.

## 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 tener una idea general de la misma.

### 5.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se revisó la información escrita, cartográfica y fotográfica existente del área, la cual sirvió de base para la toma de decisiones.

### 5.3 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

La determinación de las características morfométricas de la cuenca (perímetro, orden de corrientes, radio de bifurcación medio, longitud media de corrientes, área y forma de la cuenca) se realizó utilizando la hoja cartográfica cartográfica Quiché a escala 1:50,000, realizándose chequeos de campo y utilizando el geoposicionador global (GPS) para identificar la ubicación de los límites de la cuenca .

Estas características se dividieron en los siguientes aspectos:

#### 5.3.1 Aspectos lineales

- A. **Perímetro:** Fue determinado después de haberse delimitado la cuenca en la hoja cartográfica, utilizando un longímetro o curvímetro, pasando éste encima de la línea que limita el parte aguas de la cuenca.
- B. **Orden de corrientes:** Fueron determinadas utilizando la clasificación de Horton, describiendo a las corrientes de primer orden como aquellas que provienen de un pequeño tributario de la cuenca; de segundo orden aquellas formadas por corrientes de primer orden y así sucesivamente. El orden de la cuenca fue dado por el orden del cauce principal de la misma.
- C. Se determinó la duración de bifurcación medio, a través de las siguientes ecuaciones:

$$Rb = \frac{Nu}{N(u+1)}$$

Donde:

Nu = Número de corriente u

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

I = Número de relaciones i = 1 .....n

$$Rb = \frac{\sum_{i=1}^n i}{n}$$

- D. **Longitud media de corrientes:** Se tomó como indicador de pendientes, para indicar que las corrientes de longitudes cortas indican pendientes mas fuertes, mientras que las longitudes largas reflejan pendientes suaves. La longitud media de corrientes fue calculada a través de la siguiente ecuación:

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

### 5.3.2 Aspectos de superficie

- A. **Area de estudio:** Se calculó para determinar la forma de la cuenca. Se determinó el factor de forma de la siguiente manera:

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

Donde:

Ak = Area de la cuenca

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

### 5.3.3 Aspectos de relieve

Se representó gráficamente por medio de la elaboración de un mapa a escala 1:50,000, utilizando paquetes de digitalización y Sistemas de Información Geográfica. Estos mapas se elaboraron en el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

## **5.4 CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR CAPACIDAD DE USO**

El procedimiento general a seguir para la aplicación del sistema de clasificación de tierras, se desarrolló de acuerdo a las siguientes fases:

### **5.4.1 FASE DE GABINETE**

#### **5.4.1.1 Recopilación y análisis de información biofísica sobre el área**

Se realizó con la finalidad de conocer de forma general el área de estudio. Se determinó la localización geográfica, ubicación política, acceso, extensión y zona de vida.

#### **5.4.1.2 Elaboración del mapa de unidades fisiográficas**

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

El análisis por el cual se definió las unidades de mapeo, tomó en cuenta los componentes geología, topografía y suelos.

#### **5.4.1.3 Elaboración del mapa de pendientes**

Se clasificaron las unidades por pendiente con base en el mapa cartográfico (curvas de nivel). Fue elaborado digitalmente en el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

#### **5.4.1.4 Mapa de uso de la tierra**

Se elaboró un mapa preliminar de uso de la tierra, en términos de cobertura. La leyenda utilizada está acorde con las categorías de uso establecidas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

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

### **5.4.2 FASE DE CAMPO**

#### **5.4.2.1 Verificación de los límites de las unidades de mapeo**

Se realizaron caminamientos, observaciones visuales y barrenamientos.

#### **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 fue verificada en el campo. La profundidad efectiva de suelo se midió en pedones y en los perfiles representativos abriendo calitacas o bien utilizando cortes de caminos, se realizaron con barrenamientos, para el caso de modificadores, se midió 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.

#### **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 disgregarse en otras.

#### **5.4.3.2 Elaboración del mapa de capacidad de uso**

A cada unidad identificada en el mapa de unidades de tierra y con base en los niveles adoptados por cada factor limitante, se le asignó una categoría de capacidad de uso.

### **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 DEL USO DE LA TIERRA**

Se elaboró un mapa que muestra la intensidad de uso de la tierra, el cual es el producto de la sobreposición entre el mapa de capacidad de uso y el mapa de uso de la tierra. Esto se realizó con el fin de identificar las zonas que se encontraban bajo la clasificación.

### **5.7 CARACTERÍSTICAS DEL RECURSO HÍDRICO**

#### **5.7.1 Balance hídrico**

**5.7.1.1 Precipitación pluvial:** Se realizó un análisis de la precipitación pluvial en la cuenca con registros de las estaciones metereológicas.



### **5.7.2 Registro de manantiales**

Se realizó por medio de observaciones y caminamientos del área de estudio, donde se ubicó cada manantial, por medio de coordenadas y altitudes utilizando GPS, las cuales fueron ploteadas en un mapa.

### **5.7.3 Calidad física y química del agua**

Se realizaron dos muestreos del agua superficial, uno al inicio de la época seca (noviembre) y otro al finalizar la época seca (abril), en tres diferentes puntos de la cuenca. Se utilizaron recipientes plásticos esterilizados con una capacidad de 1 galón para recolectar las muestras, las cuales fueron enviadas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala para ser analizadas.

### **5.7.4 Calidad bacteriológica del agua**

Se practicaron dos muestreos simples del agua superficial, en tres diferentes puntos de la cuenca, al inicio de la época seca (18 de noviembre) y el otro al finalizar la época seca (2 de abril). Se utilizaron frascos de vidrio esterilizados con tapadera esmerilada de 250 ml de capacidad, los cuales fueron transportados bajo refrigeración al laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la USAC antes de pasadas 8 horas desde el momento del muestreo.

## **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 los líderes comunitarios utilizando una boleta (Anexo). Las variables en las que se agrupó la información fueron demografía, tenencia de la tierra, actividades productivas, infraestructura y servicios, utilización de los recursos naturales y organización política y social.

## **5.9 DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA**

### **5.9.1 Metodología participativa**

Se utilizó el Diagnóstico Rural Participativo (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 Caquil, aplicando la siguiente metodología:

#### **5.9.1.1 Reloj de 24 horas (1 hora)**

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. Historia 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 finaliza 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 como 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 al cual 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 han 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**

- A. Aprovechamiento y uso sostenible forestal.
- B. Conservación y aprovechamiento de las fuentes de agua superficial y subterránea.
- C. Conservación de suelos.
- D. Planificación del uso de la tierra.
- E. Conservación de ecosistemas.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 ESTUDIO DEL RECURSO HIDRICO

El recurso del estudio hídrico se realizó considerando los siguientes aspectos: calidad física y química y calidad bacteriológica. Las muestras fueron tomadas de los diferentes nacimientos de agua que abastecen al río Caquil.

#### 6.1.1 Calidad física y química

En el cuadro 3 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 (9).

**Cuadro 3.** Resultados de los análisis físicos de las muestras de agua del río Caquil del año 2003.

Características	NACIMIENTO 1		NACIMIENTO 2		NACIMIENTO 3		LMA (mg/l)	LMP (mg/l)
	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>		
Epoca 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	07,20	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)	723,00	345,00	340,00	565,00	38,00	230,00	100-750	1,500

LMP = Límite Máximo Permissible

LMA = Límite Máximo Aceptable

Como se observa en el cuadro anterior, en cuanto a las características sensoriales: aspecto, color, turbiedad y olor; el agua del río Caquil 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.

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.

En cuanto a las características de pH, el agua del río Caquil 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 4 se observan los resultados del análisis químico y su comparación con los límites máximos aceptables y permisibles.

**Cuadro 4.** Resultados de los análisis químicos de las muestras de agua del río Caquil del año 2003.

Características	NACIMIENTO 1		NACIMIENTO 2		NACIMIENTO 3		LMA (mg/l)	LMP (mg/l)
	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa	Seca	Lluviosa		
Epoca de muestreo								
Amoniaco (NH <sup>3</sup> )	00,26	00,34	00,32	0,43	00,27	0,33	0,05	0,50
Nitritos (NO <sup>2-</sup> )	00,00	00,00	00,00	0,00	00,00	0,00	---	0,010
Nitratos (NO <sup>3-</sup> )	01,98	05,20	03,08	6,01	03,96	7,35	---	10,00
Manganeso (Mn)	---	---	---	---	---	---	0,05	0,50
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	08,00	14,00	07,50	11,00	08,00	10,00	100,00	250,00
Fluoruros (F <sup>-</sup> )	00,27	00,42	00,29	00,05	00,11	00,31	---	1,70
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	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 <sub>3</sub> )	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	1878,00	242,00	21,00	112,00		1000,00
Carbonatos	00,00	00,00	00,00	320,00	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		

LMP = Límite Máximo Permisible

LMA = Límite Máximo Aceptable

Como consecuencia del alto contenido de bicarbonatos se incrementa la alcalinidad total del agua del río Caquil, esto se puede observar en el pH de todas las muestras ya que las mismas se encuentran por encima de 7; esto, debido a la erosión química que se da en las calizas por la disolución de CaCO<sub>3</sub> 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 amoniaco tiene niveles elevados de LMA según el reglamento para calidad del agua potable de la OPS (26), por lo que no es aceptada por el consumidor. Los nitritos y nitratos son considerados como sustancias toxicas, cuando sobrepasan los valores del LMP, para el caso del río Caquil ambas sustancias no indican toxicidad del agua ya que no sobrepasan el LMP. 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 (22).

Otras sustancias no deseadas son los Fluoruros que para el caso del río Caquil tiene valores aceptables para el consumo humano. El Hierro total presenta algunos valores altos en cuanto al limite máximo aceptable pero no alcanza el límite permisible por lo que no causa daños a la salud. El Manganeso no presenta riesgo alguno para la salud humana.

En el caso de los elementos naturales presentes están el Calcio, Sodio, Potasio, Magnesio, Hierro, Fluoruros, Cloruros y Manganeso, todos dentro de los LMP según las normas COGUANOR (9) y el reglamento de La OPS (26). 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 (22).

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 Caquil, está dentro de los limites permisibles.

### **6.1.2 Calidad bacteriológica**

Los resultados observados en el cuadro 5, indican que existen altas concentraciones de coliformes totales y fecales en las muestras de agua en el río Caquil, pero principalmente existe una alta concentración de las mismas en la época lluviosa en los nacimiento 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 (26) que son 200/100 ml. Los valores encontrados de hasta 1,600,000 sobrepasan por mucho el límite máximo permisibles por lo que el agua del río Caquil 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 e infecciones en el oído (22).

**Cuadro 5.** Resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua del río Caquil para el año 2002.

Características	NACIMIENTO 1		NACIMIENTO 2		NACIMIENTO 3	
	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>
Epoca de muestreo	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluviosa</i>
Aspecto	Claro	Claro	Claro	Claro	Claro	Ligeramente turbio
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Sustancias en suspensión	No hay	No hay	No hay	No hay	Ligera cantidad	Gran cantidad
NMPGC/100 cc Total	< 1,600	< 160,000	170	> 160,000	< 2	> 1,600,000
NMPGC/100 cc Fecales	> 1,600	> 160,000	2	> 160,000	< 2	> 1,600,000

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

**NMPGC = Número mas probable de gérmenes coliformes.**

Tanto las características físicas, químicas y bacteriológicas del río Caquil se cree que han sido influidas por la contaminación de las aguas subterráneas, principalmente por los centros poblados que se encuentran dentro de la cuenca, provocando un riesgo peligroso para la población consumidora del agua del río.

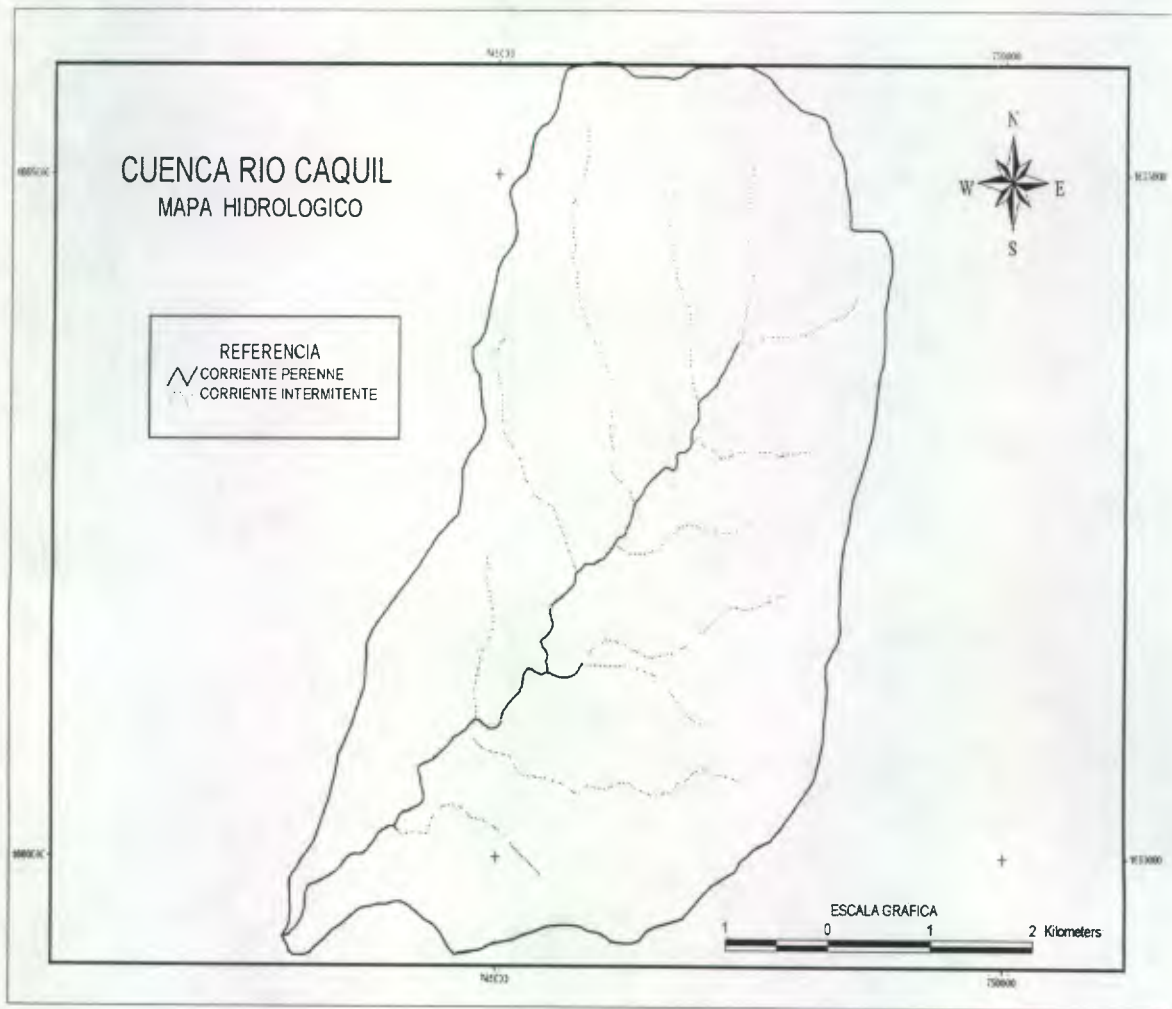
### 6.1.3 Distribución

Se realizó el estudio morfométrico de la cuenca del río Caquil, determinando aspectos lineales, de superficie y de relieve. La figura 2 presenta el mapa hidrológico de la cuenca del río Caquil.

#### 6.1.3.1 Aspectos lineales

**A. Perímetro:** 20 kilómetros

**B. Orden de corrientes:** El cuadro 6 presenta el número de corrientes por cada orden. Se presentan 46 corrientes de orden 1 con una longitud total de 22.2 km, 8 corrientes de orden 2 con 8.1 km y 1 corriente de orden 3 con una longitud de 6 km.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) (17).

Figura 2. Corrientes hidrográficas de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

**Cuadro 6.** Número de orden y longitudes de corrientes de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché. 2004.

Orden de corriente (U)	Numero de corriente (Nu)	Longitud de corriente (Lu)
1	46	22.2 km
2	8	8.1 km
3	1	6 km

**C. Radio de bifurcación medio:**

$$Rb_1 = 46 / 8$$

$$Rb_1 = 5.75$$

$$Rb_2 = 8 / 1$$

$$Rb_2 = 8$$

$$Rb = 5.75 + 8 / 2$$

$$Rb = 6.875$$

**D. Longitud media de corrientes:**

$$Lu_1 = 22.2 / 46$$

$$Lu_1 = 0.482 \text{ km}$$

$$Lu_2 = 8.1 / 8$$

$$Lu_2 = 1.012 \text{ km}$$

$$Lu_3 = 6 / 1$$

$$Lu_3 = 6 \text{ km}$$

$$Lu = 36.3 / 55$$

$$Lu = 0.66 \text{ km}$$

**6.1.3.2 Aspectos de superficie**

**A. Area de la cuenca:** 26.28 km<sup>2</sup>



**B. Forma de la cuenca:**

*Relación de forma:*  $26.28 \text{ km}^2 / (7.7 \text{ km})^2$

*Relación de forma:* 0.44

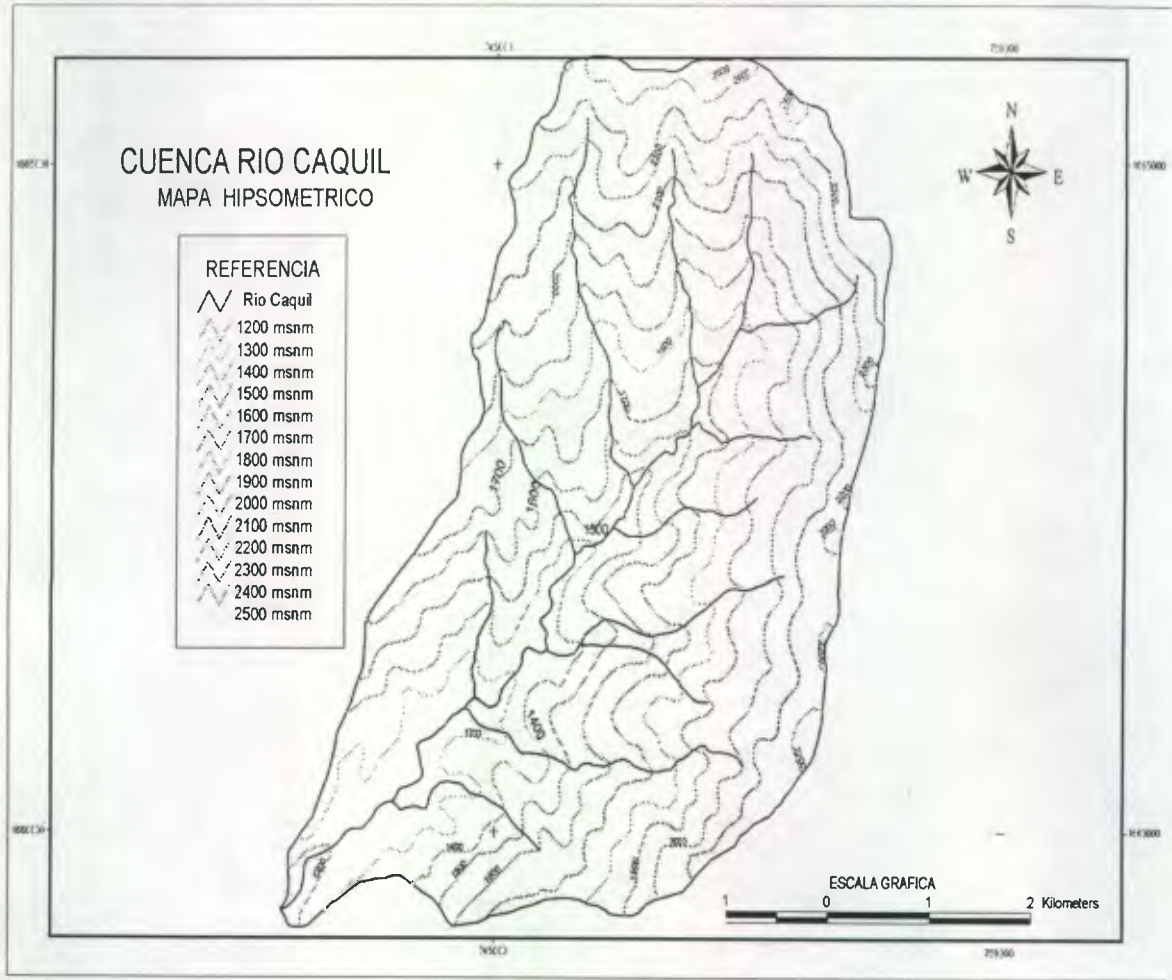
**6.1.3.3 Análisis de las características morfométricas de la cuenca del río Caquil**

El perímetro de la cuenca es de 20 kilómetros, presentando en su mayoría corrientes intermitentes y efímeras, con unas cuantas permanentes. Es una cuenca de orden 3, con una longitud total acumulada de 55 kilómetros; la longitud media de corrientes de orden 1 es de 0.482 kilómetros, las de orden 2 de 1.012 kilómetros, y las de orden 3 de 0.66 kilómetros. La gráfica 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 Caquil 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 26.28 kilómetros cuadrados. De forma alargada por su relación de forma de 0.44 debido a las características físicas del área.

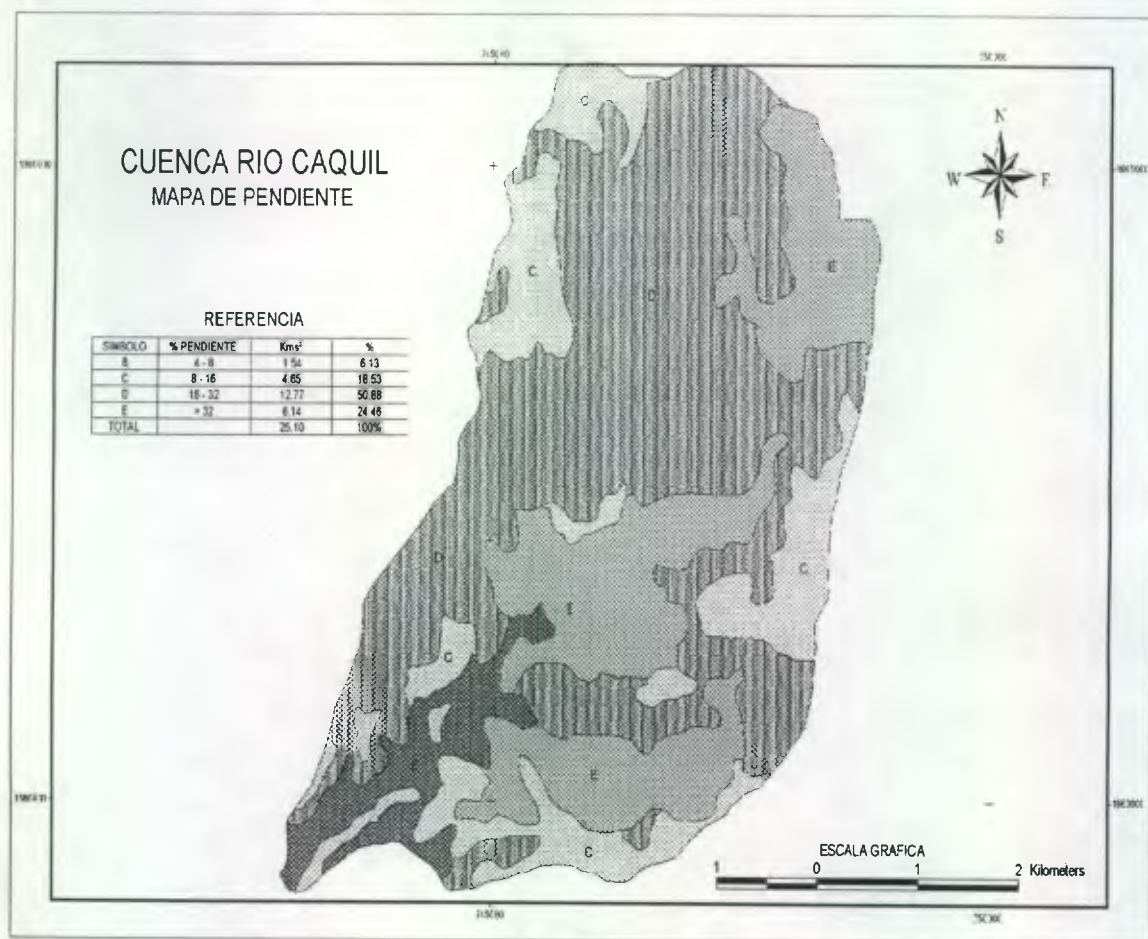
La figura 3 presenta el mapa hipsométrico de la cuenca del río Caquil en donde se puede observar que la cuenca presenta una pendiente máxima al norte de la misma con 2500 msnm, mientras que en la parte baja, en el sur, presenta una pendiente de 1200 msnm. Se encontró el mayor número de nacimientos de agua a una altura entre 2200 – 2300 msnm.

En la figura 4 se detalla el mapa de pendientes de la cuenca del río Caquil, en donde se puede apreciar que el 50.88% ( $12.77 \text{ km}^2$ ) del área total de la cuenca presenta una pendiente del 16 – 32%; el 24.46% ( $6.14 \text{ km}^2$ ) presenta una pendiente mayor al 32%, finalmente el 6.13% ( $1.54 \text{ km}^2$ ) presenta una pendiente entre el 4 – 8%, la cual se ubica en la parte baja de la cuenca, siendo esta área la destinada para el cultivo de hortalizas.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) (17).

Figura 3. Mapa Hipsométrico de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) (17).

**Figura 4.** Mapa de pendientes de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché.

## 6.1.4 Cantidad

### 6.1.4.1 Precipitación pluvial

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

Las características de ubicación geográfica, altitud y precipitación media de 6 años para estas estaciones se observan en el cuadro 7.

**Cuadro 7.** Características de las estaciones estudiadas.

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

Fuente INSIVUMEH

De acuerdo a estos datos y tomando en cuenta que la precipitación pluvial tiene un comportamiento orográfico, el cuadro 8 presenta los datos de las todas las estaciones durante 6 años consecutivos (1998 – 2003).

**Cuadro 8.** Precipitación pluvial media (mm) de la región durante 6 años (1998 – 2003).

AÑO	Estaciones					
	Chinique	Chixoyquiche	Nebaj	Chuitinamit	Chiguilá	San Pedro Jocopilas
1998	2507.6	2661.4	4143.0	2107.0	1916.6	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

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 comportamiento de los datos en cada estación muestra la confiabilidad de los datos para cada año.

## 6.2 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS

### 6.2.1 Ubicación, extensión y límites

En la cuenca del río Caquil se encuentran las comunidades de Xebalanguac, Xepepén y Paxtup, las cuales se encuentran localizadas en las coordenadas de Latitud Norte  $14^{\circ} 59' 46'' - 15^{\circ} 03' 22''$  y de Longitud Oeste  $90^{\circ} 41' 06'' - 90^{\circ} 44' 24''$  del municipio de Joyabaj pertenecientes al departamento de El Quiche y se encuentran a una altura entre 1700 a 2100 metros sobre el nivel del mar. La extensión de la cuenca es de 26.28 kilómetros cuadrados. Colinda al Norte con Xeabaj e Ixoc, al Sur con las Tres Cruces Azucenas, al Este con Los Cimientos y Cubulco y al Oeste con Concepción Caquil.

### 6.2.2 Potencial productivo

#### *C. Potencial productivo*

En su mayoría se siembra maíz y frijol, con asociaciones de ayote y chilacayotes; se pueden observar, en la parte alta, árboles frutales, tales como: durazno, aguacate, manzana, etc, mientras que en la parte baja podemos encontrar algunos cítricos como la naranja y el limón.

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).

### 6.2.3 Descripción de recursos naturales

#### *A. Tenencia de la tierra*

Los comunitarios, por medio de entrevistas personales, han adquirido sus tierras por herencia de sus antepasados, aunque la mayoría no cuentan 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.

#### *B. 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 esta compuesto en un 50% de las especies de *Pinus sp* y *Quercus sp*, entre un 30 - 20% de *Alnus sp*. Algunas de estas especies son utilizadas ya sea como maderas rústicas para

construcción o bien para uso energético, del cual obtienen algún beneficio económico para suplir algunas necesidades básicas de la familia.

### *C. 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 Caquil poseen una buena cantidad de nacimientos de agua existiendo un promedio aproximado de 16 a 20 nacimientos en el área, los cuales están siendo afectados por el avance de la frontera agrícola y por el mal uso de los recursos.

## **6.2.4 Descripción de aspectos sociales**

### *A. Población*

La población actual de Xepepén, Xebalanguac y Paxtup es de 2,510 habitantes; distribuidos en 1,435 hombres y 1,075 mujeres. Con un promedio de 7 miembros por familia y un total de 370 hogares.

El idioma predominante es el Quiché, aunque últimamente han migrado personas de otros lugares y se ha introducido el castellano, aunque en mínimo porcentaje.

### *B. Educación*

Aproximadamente el 85% de la población adulta es analfabeta. Existe una escuela rural mixta en cada comunidad, las escuelas de Xepepén y Paxtup pertenecen al Ministerio de Educación, mientras que la escuela de Xebalanguac es manejada por medio de comités de padres de familia. Las tres escuelas cuentan con la primaria completa, contando con un total de 13 maestros. Existe un total de 750 alumnos distribuidos entre los seis grados.

En la actualidad se está solicitando al Ministerio de Educación la ampliación de dos aulas en la escuela de Xebalanguac ya que existe una sobrepoblación.

### *C. Salud y nutrición*

Las afecciones más comunes son las diarreas, parásitos y enfermedades respiratorias, así mismo existen casos de desnutrición moderada por la alimentación desbalanceada en nutrientes. No se cuenta con centros de salud en las comunidades pero reciben asistencia médica en la comunidad Caquil, la cual dista a 9 km a donde llega personal del centro de salud un enfermero y dos médicos cubanos; para poder

acceder al centro de salud del municipio se tiene que recorrer una distancia de 17 km. 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.

#### ***D. Religión***

El 95% de la población practica la religión católica, realizándose misas ocasionales aproximadamente una a cada dos meses los días jueves. El restante 5% practica la religión evangélica.

### **6.2.5 Organización social**

#### ***A. Comités y organizaciones existentes***

Las comunidades de Xebalanguac y Paxtup, cada una, cuenta con un comité promejoramiento local, siendo presididos por los señores Guillermo Ralios y Tomas Samboy Gutiérrez, respectivamente; así mismo con comités de padres de familia presididos por los señores Tomas Lorenzo y Guillermo Ajualip López, este comité es el encargado de la parte educativa; ambos comités son los encargados de administrar los desayunos y almuerzos escolares, los cuales son distribuidos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). Xepepen también cuenta con dos comités siendo uno de ellos el encargado del desarrollo de la comunidad el cual es presidido por el señor Manuel Osorio, además existe un alcalde auxiliar en cada comunidad cuya función es la de tener contacto directo con la municipalidad de Joyabaj y llevar los mensajes a sus respectivas comunidades.

#### ***B. Presencia institucional***

Entre las instituciones que se identifican con las comunidades se encuentran: Intervida (aporte útiles escolares y mobiliario para las escuelas), el Fondo de Inversión Social (FIS) apoya en la construcción de una escuela, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) que aporta los almuerzos escolares, el Ministerio de Educación contrata a los maestros, la municipalidad de Joyabaj construye caminos, iglesias, finalmente el Puesto de Salud que se encarga de atender a los pobladores.

## 6.2.6 Infraestructura existente en el lugar

### A. Vías de acceso

Las comunidades de Xepepén, Xebalanguac y Paxtup tienen tres caminos que las comunican con las aldeas y caseríos cercanos, actualmente cuentan con una carretera de terracería que comunica a las tres comunidades con el municipio, la cual es transitable todo el año utilizando vehículo de doble tracción.

Las comunidades se encuentran a 18 km del municipio de Joyabaj, a 74 km de la cabecera departamental: Santa Cruz de El Quiché y a 90 km de la ciudad capital, vía Pachalum.

### B. Patrón de asentamiento y vivienda

Las viviendas de las comunidades están construidas de adobe, algunas son de block con techo de teja y laminas de zinc, el piso en su mayoría es de tierra, muy pocas tienen piso de torta de cemento. La basura es tirada a los terrenos o bien es quemada.

### C. Servicios

Actualmente se realizan los trámites para la ampliación de la escuela de Xebalanguac por medio de Intervida. Existe un total de tres molinos de nixtamal (1 por comunidad) propiedad de cada uno de los miembros de la comunidad. El Medio de transporte utilizado para viajar de las comunidades al municipio es el picop, los cuales están disponibles los días jueves y domingos.

## 6.2.7 Actividades productivas

### A. Actividades agrícolas

La mayoría de comunitarios cultivan maíz, frijol, chilacayotes, y algunas hortalizas. El rendimiento promedio es de 2,060 a 3,092 kg/ha en maíz y frijol.

En las actividades agrícolas participan todos los miembros de la familia y en algunos casos donde se tienen facilidades económicas se pagan jornales para la realización de los trabajos.

En las áreas productivas se encuentran árboles frutales como aguacate, durazno, manzana, los cuales son utilizados como sistemas agroforestales ya que son aprovechados.



### *B. Actividades pecuarias*

La mayoría de la población se dedica a la crianza de aves de corral (gallinas, chompipes, patos), y a la crianza y explotación de ganado menor (cabras, carneros y cerdos) y mayor (bovinos). No se tiene ningún apoyo institucional para tecnificar la crianza de estos animales. La crianza de estos animales esta a cargo de las mujeres y niños.

### *C. Actividades forestales*

Del bosque de la comunidad se extrae madera rústica, que se emplea en la construcción de algunas casas, entre las especies que mas se explotan están el *Pinus sp*, aunque también se extrae leña que se utiliza para cocinar y algunas veces para la venta. El *Quercus sp* es la especie mas utilizada.

### *D. Actividades de gestión comunitaria*

Las tres comunidades se caracterizan por tener una buena organización y participación comunitaria. Son dirigidas por el comité central promejoramiento comunal del cual se desligan los otros comités electos en asamblea general comunal, en la cual participan en su mayoría hombres y algunas mujeres; las directivas están conformadas por hombres y las gestiones se realizan fuera de la comunidad, por lo tanto la mujer en ausencia del hombre realiza sus actividades mientras está afuera.

### *E. Aspecto económico*

Los ingresos económicos de las familias se basan en la producción agrícola; otras fuentes de ingresos son la extracción de madera de aserrío y leña para uso energético la cual venden pocas personas. No existe hasta este momento ninguna industria familiar relevante; también algunas personas se dedican a negociar con las aves de corral, cerdos y bovinos.

Existe una migración hacia la costa sur para buscar fuentes de trabajo en los ingenios en el corte de caña, en las fincas cafetaleras debido a que reciben salarios relativamente altos, lo cual les ayuda a sostener la familia y así mejorar la calidad de vida de las familias.

### *F. Pueblos y mercados cercanos*

Las comunidades mas cercanas son: Caquil, Xeabaj, Ixoc, Tzitzil, Los Cimientos, Tres Cruces, y Laguna seca. Los mercados mas frecuentados por los comunitarios para realizar la compra de granos

básicos o venta de aves de corral son el mercado de Joyabaj los días Jueves y Domingos, y la plaza de mercado que se realiza en Los Cimientos el día Viernes.

### 6.2.8 Descripción de la dinámica de trabajo

Inicialmente se convocó a una reunión en el salón municipal de la villa de Joyabaj a los encargados de cada comité y alcaldes auxiliares de las comunidades; lo lejano del lugar influyó en la poca participación, posteriormente se hicieron los contactos con los maestros de las diferentes comunidades para que a través de ellos se convocara a otra reunión, ahora, en el salón comunal de la comunidad de Xepépén por estar mas cerca a las otras dos 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 allí con las demás reuniones. La realización 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 DRP.
- D. Participación de los maestros de las comunidades para trabajar con los grupos.
- E. Existió una participación de 15 personas.

### 6.3 POPUESTAS DE LINEAMIENTOS PARA EL MANEJO DE LA CUENCA CAQUIL

A continuación se proponen algunos lineamientos generales de manejo para la cuenca del río Caquil.

En general, se debe gestionar antes las autoridades educativas la construcción de escuelas para ampliar la cobertura educativas y de esta manera promover la educación ambiental en todos los niveles. En cuanto a Sanidad Ambiental, incorporar letrinización en todos los centros poblados de la cuenca, concientizando a la población sobre la importancia de la utilización de estos sistemas sanitarios; promover ante las autoridades sanitarias el tratamiento de agua para consumo humano.

Promover y efectuar campañas odontológicas, de vacunación de niños y de animales domésticos; ampliar la cobertura y mejorar las condiciones de los Centros y Puestos de Salud mediante proyectos tripartitos (Municipalidad, ONG y Comunidad). Fortalecer la organización política y social de las poblaciones de la cuenca, incentivando la participación activa en comités, realizando actividades que

propicien la unión y solidaridad entre los centros poblados que dependen de los recursos naturales de la cuenca, involucrando en estas actividades a todos los sectores sociales en todos sus niveles.

Con respecto al bosque, se deben tomar en cuenta los siguientes elementos de manejo:

- A. Realizar inventarios forestales para precisar el estado potencial del bosque y las necesidades de manejo.
- B. Reforestar las áreas que tengan mayor grado de pendiente, así como los alrededores de los nacimientos, con especies nativas de la región: Aliso (*Alnus sp*), pino macho (*Pinus moctezumae*), encino (*Quercus sp*), etc.
- A. Regular y controlar el uso de la vida silvestre, a fin de recuperar las poblaciones de fauna. Convirtiendo las áreas de reserva de vida silvestre en áreas protegidas.
- B. 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.

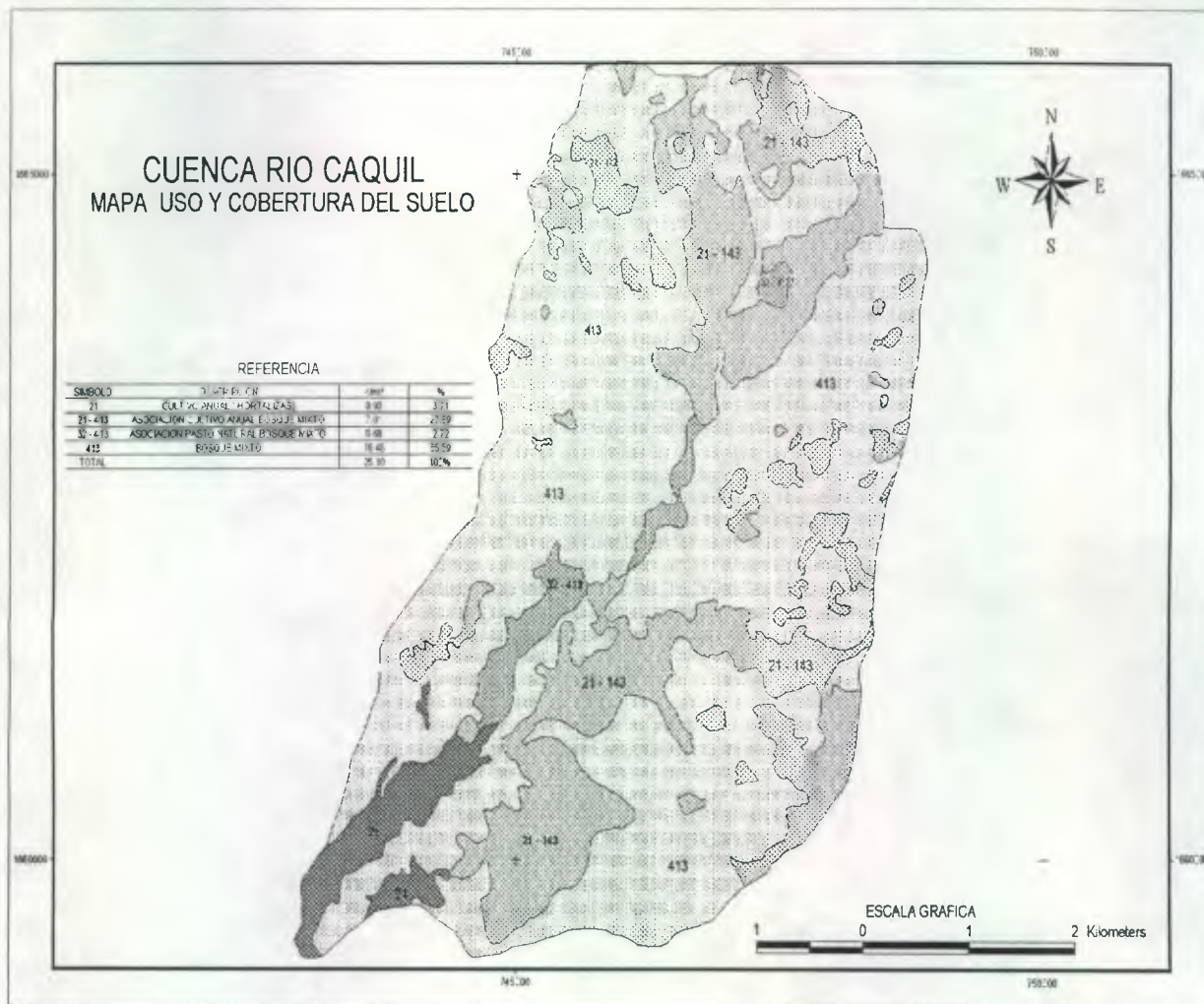
Debido a las condiciones socioeconómicas y características biofísicas en las zonas de avance de la frontera agrícola se recomienda el desarrollo de los sistemas agroforestales y silvopastoriles, pues según Sánchez citado por Monzón (22) "El desarrollo agroforestal o silvopastoril es básico para el proceso de producción múltiple, lo cual debe considerarse por las tierras marginales que poseían cubierta forestal como para las que actualmente se utilizan con fines de producción, ya que contribuyen como zonas de amortiguamiento para el avance de la frontera agrícola". Se recomiendan algunas modalidades de sistemas agroforestales y silvopastoriles tales como:

- C. Producción simultánea de árboles frutales, forrajeros, maderables y sistemas agroforestales. Con técnicas como sistemas rotativos, cultivos permanentes y semipermanentes.
- A. Sistemas rotativos de cultivos. Por ejemplo rotar e intercalar Gramíneas con Leguminosas.

Se recomienda que la ejecución de estos proyectos se lleven a cabo de forma tripartita, con la participación de la municipalidad jurisdiccional, una institución u organización que opere dentro de la cuenca y comités comunitarios de desarrollo.

Para conservar las propiedades de los suelos y el mejoramiento de la producción en la agricultura se sugiere promover la agricultura orgánica y aplicar abonos orgánicos como el estiércol animal y el cultivo de abonos.

La figura 5 muestra el mapa de uso y cobertura del suelo de la cuenca del río Caquil, en la cual el 65.59% (16.48 km<sup>2</sup>) del área total de la misma está cubierta de bosque mixto, el 27.89% (7.01 km<sup>2</sup>) presenta una asociación de cultivos anuales con bosque mixto, así mismo el 3.71% del área (0.93 km<sup>2</sup>) está destinado a cultivo de hortalizas y finalmente el 2.72% (0.68 km<sup>2</sup>) presenta una asociación de pasto natural con bosque mixto.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) (17).

Figura 5. Mapa de uso y cobertura del suelo de la cuenca del río Caquil, Joyabaj, El Quiché.

## 7. CONCLUSIONES

1. Las características de calidad física y química del recurso hídrico de la cuenca del río Caquil no sobrepasan los límites máximos aceptables y permisibles según reglamentos nacionales e internacionales, pero no así en la calidad bacteriológica donde existen altos niveles de bacterias coliformes totales y fecales por lo que el agua no puede utilizarse para consumo humano ya que puede causar daños a la salud.
2. La cuenca del río Caquil, en un 50.88% (12.77 km<sup>2</sup>) presenta una pendiente del 16 – 32% la cual se ubica en la parte norte de la misma, mientras que 6.13% (1.54 km<sup>2</sup>) del área presenta una pendiente entre el 4 – 8%, la cual se ubica en la parte baja de la cuenca, siendo esta área la destinada para el cultivo de hortalizas.
3. En cuanto al uso actual que presenta la tierra se encontraron las categorías de uso siguientes: centros poblados: 3; cultivos anuales y hortalizas (18%), bosque mixto (75%), pastos naturales (5%) y asociaciones de uso que comprenden el resto del área.
4. La densidad poblacional en la cuenca es de 105 habitantes/km<sup>2</sup>, 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 las enfermedades Síndrome diarreico, Parasitismo y Cólera, reportadas por el Centro de Salud a causa de consumo de agua contaminada.
5. En forma general se propone manejar la cuenca del río Caquil basándose en la intensidad de uso de la tierra los cuales están orientados a promover un desarrollo sostenible. 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.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Elaborar planes de manejo de la cuenca del río Caquil, con la participación de las comunidades y organización gubernamentales y no gubernamentales.
2. Realizar estudios específicos con mayor detalle sobre la flora y fauna y el recurso hídrico con mas puntos de muestreo del agua superficial y subterránea, establecer un plan de monitoreo de la calidad y cantidad del agua, estudios a mayor detalle de suelos y tierras.
3. En las áreas con menores pendientes hacer estudios específicos de la 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.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar Marroquín, SD. 1987. Uso actual del recurso forestal de la subcuenca del río Itzapa Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 71p.
2. \_\_\_\_\_. 1992. Aspectos fisiográficos: curso de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
3. Buol, SW; Hole, FD; McCracken, RJ. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trad. por Agustín Contin. 2 ed. México, Trillas. 417 p.
4. Castañeda, L; Cabrera, U.; González, J. 1981. Diagnostico de la situación de los recursos naturales de Guatemala. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
5. Castillo Orellana, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, Dixon Print. 108 p.
6. CATIE, CR. 1985. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, Proyectos G.C.R. / AID. 69 p.
7. \_\_\_\_\_. 1985. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelo tenido vegetal y de investigaciones en invernadero. Costa Rica, Proyecto Centroamericano de Fertilidad de Suelos. 72 p.
8. \_\_\_\_\_. 1993. Curso de rehabilitación de cuencas hidrográficas. Turrialba, Costa Rica. 59 p.
9. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas y Regulaciones, GT). 1984. Especificaciones para agua potable; NGO 19-001. Guatemala. 106 p.
10. Congreso Nacional Forestal (5., 1999, Guatemala). 1999. La competitividad del sector forestal en Guatemala: memorias. Antigua Guatemala, Guatemala, INAB. s.p.
11. 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.
12. Earl Storie, R. 1970. Manual de evaluación de suelos. Trad. por Blackaller Valdés A. México, UTEHA. 225 p.
13. Esquit Donis, VE. et al. 1992. La cuenca hidrográfica: curso de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
14. \_\_\_\_\_. 1992. Situación actual de los recursos naturales renovables de los ríos Itzapa, Negro y Cajagualten, San Andres Itzapa, Chimaltenango. Estudios de Sistemas de Cultivos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 152 p.
15. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.



16. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1984. Mapa topográfico de la republica de Guatemala: hoja Chimaltenango, no. 2059IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
17. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1970. Mapa geológico de la republica de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
18. \_\_\_\_\_, 1978. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 2, p. 80.
19. 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.
20. Méndez Muñoz, C.B. 1987. Diagnóstico general de la comunidad del caserío Chorraxaj, Joyabaj, El Quiché. Ejercicio Profesional Supervisado (EPSA), Diagnóstico. USAC, Facultad de Agronomía. 27 p.
21. Microsoft, MX. 1997. Enciclopedia Microsoft Encarta. México. 3 CD.
22. Monzón, R. 1999. Estudio general de los recursos agua, suelo y del uso del la tierra del parque nacional Laguna de Lachuá y su zona de influencia Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía 97 p.
23. Moreira Arana, EJ. 1998. Perfil de proyecto de reforestación para el astillero municipal de San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p.
24. Motta Franco, EL. 1999. Estudio de la erosión hídrica del suelo, microcuenca del río Itzapa, Chimaltenango, de 1994 a 1996, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 98 p.
25. MSPAS (Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social, GT). 2001. Hospital de Joyabaj, Quiché del año 2001. Guatemala. 15 p.
26. OPS / OMS, CR. 1997. Compendio de cuatro reglamentos. Costa Rica. 90 p.
27. Pritchett, W. 1986. Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento. Trad José Hurtado. México, Limusa. 634 p.
28. Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. San José, Costa Rica, GTZ / IICA. 338 p.
29. Robledo Hernández, WI. 2000. Manual para la caracterización y diagnostico de cuencas hidrográficas. Guatemala. 52 p.
30. Rosa, D. De la; Cardona, F; Paneque, G. 1977. Evaluación de suelos para diferentes usos agrícolas. Anales de Edafología y Agrobiología (España) 36(11,12):1099-1112.
31. 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.
32. Salas, G. De las. 1987. Suelos y ecosistemas forestales, con énfasis en América tropical. Costa Rica, IICA. 447 p.

33. Simmons, CH; Tárano, 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.
34. Taracena Hernández, JJ. 1999. Determinación de la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo y propuesta de políticas y estrategias de uso en la cuenca del río Itzapa del departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 132 p.
35. Tobías Vásquez, HA. 1997. Guía para la descripción de suelos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p.
36. Torres, GJ; Cuanalo de la Cerda, H; Ortiz, SC. 1981. Estudio comparativo de tres sistemas de clasificación de suelos (Americana, Francesa y FAO-UNESCO). Agrociencia (Mx) no. 46:69-81.



vo.Bo. *Rolando Barrios*

## 10. A N E X O

**BOLETA DE INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA****1. IDENTIFICACION**

Fecha

Comunidad

Familia entrevistada

**2. EXPLICACIÓN DEL MOTIVO DE LA ENTREVISTA**

Objetivos del trabajo de investigación

**3. DEMOGRAFIA**

Composición familiar

Quienes viven en la casa

Asistencia a la escuela

Fueron censados en el ultimo censo

**4. TENENCIA DE LA TIERRA**

Tiene parcela y/o alquila

Tamaño de la parcela

Calidad de la tierra (buena, regular, mala)

Uso de la tierra

**5. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS****Cultivos**

Area por cultivo

Rendimiento

Epocas de siembra y cosecha

Prácticas culturales

**Pecuaría**

Tipo de ganado  
Cantidad  
Propósito  
Lugares de pastoreo

**Artesanía**

Tipo de producto  
Materia prima  
Cantidad producida

**Destino de producción**

Autoconsumo  
Venta, lugares y forma de comercialización

**6. UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

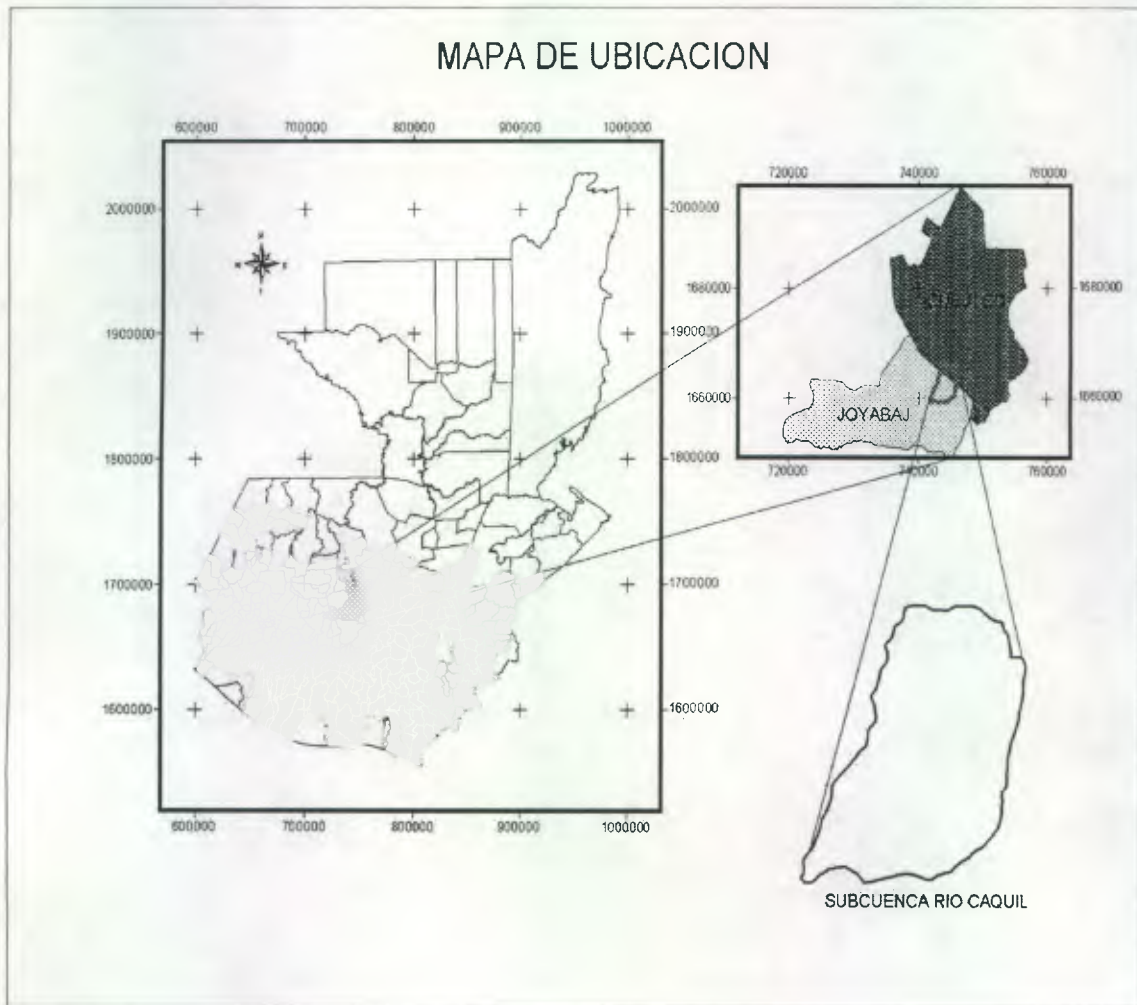
Tiene montaña  
Extensión  
Estados y lugar  
Responsable del manejo  
Usos del bosque y cacería

**7. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS**

Educación  
Religión  
Salud  
Deportiva y cultural  
Vías de comunicación

**8. ORGANIZACION**

Que organización existen  
Relación con la comunidad  
Labor que realizan  
Participación de la mujer  
Participación de los jóvenes



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) (17).

**Figura 1A.** Mapa de ubicación de la zona de estudio.



REF. Sem. 06/2005

FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

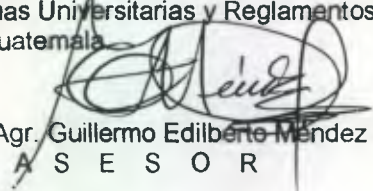
LA TESIS TITULADA: "CARACTERIZACION PRELIMINAR Y  
PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE  
MANEJO DE LA CUENCA DEL RIO  
CAQUIL, JOYABAJ, QUICHE".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE : AXEL AURELIANO HERRERA PEREZ

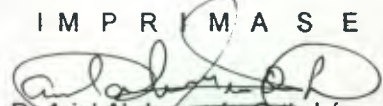
CARNE: 9521376

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES : Ing. Agr. Eugenio Orozco y Orozco  
Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez  
Ing. Agr. Ervin Maxdelio Herrera De León  
Ing. Agr. Griselda Lily Gutierrez Alvarez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta  
A S E S O R

  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO  
DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS  
Dr. David Monterroso Salazar  
DIRECCION  
DEL IIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

I M P R I M A S E  
  
Dr. Ariel Abderramán Ortiz López  
D E C A N O



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DMS/nm  
c.c. Archivo  
IIA  
Control Académico

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.  
TEL/FAX (502) 476-9794  
e-mail: [llusac.edu.gt](mailto:llusac.edu.gt) & <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomfa.htm>