

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL Y  
LINEAMIENTOS DE MANEJO DE LAS MICROCUENCAS DE LOS  
RÍOS PANSALIC Y PANCOCHÁ MIXCO, GUATEMALA Y  
SERVICIOS PRESTADOS AL MINISTERIO DE AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES-MARN.**

**NESTOR FRANCISCO FAJARDO HERRERA**

**Guatemala, noviembre del 2011**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL Y  
LINEAMIENTOS DE MANEJO DE LAS MICROCUENCAS DE  
LOS RÍOS PANSALIC Y PANCOCHÁ MIXCO, GUATEMALA Y  
SERVICIOS PRESTADOS AL MINISTERIO DE AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES-MARN-.**

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

POR

**NESTOR FRANCISCO FAJARDO HERRERA**

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

**INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

**Guatemala, noviembre del 2011**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RECTOR MAGNÍFICO**

**LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

<b>DECANO</b>	<b>Dr. LAURIANO FIGUEROA QUIÑONEZ</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Dr. ARIEL ABDERRAMÁN ORTÍZ LÓPEZ</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. MSc. MARINO BARRIENTOS GARCÍA</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. MSc. OSCAR RENÉ LEIVA RUANO</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br. LORENA CAROLINA FLORES PINEDA</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>P. Agr. JOSUÉ ANTONIO MARTÍNEZ ROQUE</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. CARLOS ROBERTO ECHEVERRÍA ESCOBEDO</b>

**Guatemala, noviembre del 2011**

Guatemala, noviembre del 2011

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

Honorables miembros:

De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado,

**DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES Y CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL Y LINEAMIENTOS DE MANEJO DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RIOS PANSALIC Y PANCOCHÁ MIXCO, GUATEMALA Y SERVICIOS PRESTADOS AL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES-MARN-;**

como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo

Atentamente

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**NESTOR FRANCISCO FAJARDO HERRERA**

## **ACTO QUE DEDICO**

**A:**

**Dios:**

Ser supremo que estuvo siempre a mi lado para apoyarme.

**Mis padres:**

Nector Fajardo y Leticia Herrera de Fajardo por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional.

**Mis Hermanas:**

Ana Lucia Fajardo y Elba María Fajardo por su ejemplo y compañía.

**Familiares:**

Como muestra de cariño.

**Amigos:**

Julio Chitay, José Jarquin, Omar Posadas, Juan Pablo Choujo, Ana Lucia Palma, Carmen Braza, Onelia Xicay, Gustavo Rosal, Mario Fong, Jorge Luís Ovalle, Carlos Aguirre, Alfredo Arias, Álvaro Ponce, Danilo Reina, Álvaro Ramos, Oscar Hernández, Juan Manuel Mendoza y otros que se escapan de mi memoria gracias por su amistad sincera.

## **TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO**

A Dios Padre por su presencia en todo momento y por permitirme alcanzar este logro.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por ser la institución que me dio la oportunidad de ser profesional.

A la Facultad de Agronomía, formadora de grandes profesionales.

A mis padres, hermanas, novia y amigos por todo el apoyo recibido durante el transcurso de la carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

**Mis asesores:**

Ing. Agr. Guillermo Méndez y el Dr. Marvin Salguero, gracias por la dedicación y tiempo invertido en la elaboración de este trabajo.

**Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales:**

Por Brindarme la Oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

**A los Compañeros de la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas del MARN:**

Por su valiosa amistad y el apoyo para la realización de este documento.

**Personal de CONAP Cordillera Alux:**

Por la colaboración en los trabajos de campo para la realización de este documento.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPITULO I. DIANÓSTICO GENERAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RÍOS PANSALIC Y PANCOCHA MIXCO, GUATEMALA, C.A</b> .....	<b>1</b>
<b>1. PRESENTACIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>2. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>3</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE LAS MICROCUENCAS DEL RÍO PANSALIC Y PANCOCHÁ.....	3
2.1.2 Vías de acceso .....	3
2.2 CENTROS POBLADOS .....	3
2.3 ASPECTOS BIOFÍSICOS .....	5
2.3.1 Zonas de vida .....	5
2.3.2 Hidrografía.....	5
2.3.3 Fisiografía y Geomorfología .....	5
2.3.4 Geología .....	8
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>10</b>
4.1 FASE INICIAL DE GABINETE.....	10
4.2 FASE DE CAMPO .....	10
4.3 FASE FINAL DE GABINETE .....	11
4.3.1 Sistematización de la información .....	11
4.3.2 Priorización de problemas.....	11
<b>5. RESULTADOS</b> .....	<b>12</b>
5.1 RECURSOS HÍDRICOS.....	12
5.1.1 Agua superficial .....	12
5.1.2 Agua Subterránea.....	12
5.2 CLIMA .....	13
5.3 SUELOS .....	13
5.3.1 Serie de suelos .....	13
5.3.2 Taxonomía de suelos.....	14
5.3.3 Capacidad de uso de la tierra.....	14
5.3.4 Uso de la tierra .....	16
5.4 FLORA Y FAUNA .....	18
5.4.1 Flora .....	18
5.4.2 Fauna .....	19
5.5 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA .....	21
5.5.1 Problemas detectados .....	21
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>24</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO II. INVESTIGACIÓN CARACTERIZACIÓN DEL RECURSOS HIDRICO SUPERFICIAL LINEAMIENTOS DE MANEJO DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RÍOS PANSALIC Y PANCOCHÁ MIXCO, GUATEMALA, C.A.</b> .....	<b>26</b>
<b>1. PRESENTACIÓN</b> .....	<b>27</b>



<b>2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>28</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>29</b>
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	29
3.1.1 Cuenca hidrográfica.....	29
3.1.2 Aspectos morfométricos.....	30
3.1.3 Balance hidrológico.....	41
3.1.4 Análisis FODA .....	45
3.1.5 Escurrimiento superficial .....	47
3.1.6 Sistemas de Información Geográfica y funcionamiento de un SIG .....	57
3.2 MARCO REFERENCIAL .....	58
3.2.1 Antecedentes.....	58
3.2.2 Descripción del área de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá.....	58
3.2.3 Centros poblados.....	59
3.2.4 Aspectos biofísicos .....	61
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>68</b>
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	68
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	68
<b>5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>69</b>
5.1 FASE PRELIMINAR (FASE DE GABINETE) .....	69
5.1.1 Recopilación de información básica: .....	69
5.1.2 Elaboración de mapas .....	69
5.1.3 Caracterización morfométrica.....	69
5.1.4 Lineamientos de manejo del área por análisis FODA .....	73
5.1.5 Información climática .....	74
5.1.6 Ubicación de puntos de muestreo .....	74
5.2 FASE DE CAMPO .....	77
5.2.1 Verificación de mapas preliminares.....	77
5.2.2 Generación de información climática.....	77
5.2.3 Taller para establecer la lluvia de ideas.....	77
5.2.4 Realización de aforos.....	77
5.2.5 Unidad móvil para muestreo de la calidad del agua.....	77
5.3 FASE DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS .....	79
5.3.1 Balance hidrológico de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	79
5.3.2 Integración de la información .....	81
5.3.3 Análisis y procesamiento de resultados.....	82
5.3.4 Elaboración del documento final.....	82
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>83</b>
6.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICROCUENCAS RÍO PANSALIC Y PANCOCHÁ .....	83
6.1.1 Determinación de aspectos lineales de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá. ....	83
6.1.2 Determinación de aspectos superficie de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá. ....	84
6.1.3 Determinación de aspectos de relieve de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	87
6.2 BALANCE HIDROLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS RÍO PANSALIC Y PANCOCHÁ.....	88
6.2.1 Datos Climáticos.....	88
6.2.3 Balance hidrológico de las Microcuencas .....	99
6.3 ANÁLISIS FODA.....	100
6.4 LINEAMIENTOS GENERALES DE MANEJO DE LAS MICROCUENCAS RÍO PANSALIC Y PANCOCHÁ. ....	102
6.5 CALIDAD DE AGUA .....	104
6.5.2 Análisis fisicoquímico del agua de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá .....	105
6.5.3 Análisis biológico del agua de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá .....	106
6.5.4 Análisis de la calidad de agua .....	107

<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>8. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>111</b>
<b>10. APÉNDICES .....</b>	<b>113</b>
10. 1. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LAS MICROCUENCAS. ...	113
<b>CAPÍTULO III. SERVICIOS PRESTADOS EN LA UNIDAD DE RECURSOS HIDRICOS Y CUENCAS DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.....</b>	<b>122</b>
<b>1. PRESENTACIÓN .....</b>	<b>123</b>
<b>2. SERVICIO 1. MONITOREO DE CAMPO A LA HIDROELÉCTRICA PASABIEN, TECULUTÁN ZACAPA GUATEMALA. PARA CORROBORAR CUMPLIMIENTO DE PACTOS SOCIALES ESTABLECIDOS CON COMUNIDADES Y MUNICIPALIDAD.....</b>	<b>124</b>
2.1 OBJETIVOS .....	124
2.2 METODOLOGÍA .....	124
2.1.1 Etapa inicial de gabinete .....	125
2.1.2 Etapa de campo.....	125
2.1.3 Etapa final de gabinete. ....	127
2.3 RESULTADOS .....	127
2.4 EVALUCION.....	128
<b>3. SERVICIO 2. MÓDULO DE CAPACITACIÓN SOBRE INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA EN LA MANCOMUNIDAD POCONCHI ALTA VERAPAZ, GUATEMALA. ....</b>	<b>128</b>
3.1 OBJETIVOS .....	128
3.2 METODOLOGÍA .....	129
3.3 RESULTADOS .....	129
3.4 EVALUACIÓN .....	130
<b>4. SERVICIO 3. MONITOREO DE LOS PROYECTOS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAMALA-CARS- EN EL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO Y TOTONICAPÁN. COMO CONTRAPARTIDA NACIONAL DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES HACIA EL PROGRAMA REGIONAL DE REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL-PREVDA-. ....</b>	<b>130</b>
4.1 OBJETIVOS .....	131
4.2 METODOLOGÍA .....	131
4.3 RESULTADOS .....	131
4.4 EVALUACIÓN .....	133
<b>5. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>133</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de los suelos de estos dos períodos .....	8
Cuadro 2. Matriz de problemas .....	22
Cuadro 3. Simbología utilizada para la caracterización del relieve.....	37
Cuadro 4. FODA .....	47
Cuadro 5. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.....	52
Cuadro 6. Características sensoriales. Límite Máximo Aceptable (LMA) y Límite.....	55
Cuadro 7. Substancias químicas, con sus correspondientes Límites Máximos.....	56
Cuadro 8. Substancias no deseadas. LMA y LMP. ....	56
Cuadro 9. Características de los suelos de estos dos períodos .....	62
Cuadro 10. Ubicación de puntos de muestreo de aforos en las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, Mixco, Guatemala. ....	74
Cuadro 11. Ubicación de puntos de muestreo de calidad en las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, Mixco.....	75
Cuadro 12. Parámetro de análisis fisicoquímicos y biológicos a realizar, para la calidad de agua. ....	79
Cuadro 13. Valores medios mensuales de radiación extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día .....	81
Cuadro 14. Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes latitudes.....	81
Cuadro 15. Resumen de aspectos lineales de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá. ....	83
Cuadro 16. Resumen de aspectos de superficie de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá. ....	84
Cuadro 17. Resumen de aspectos relieve de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá. ....	87
Cuadro 18. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas de las Microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	88
Cuadro 19. Precipitación media por medio de Isoyetas .....	89
Cuadro 20. Temperatura media de las estaciones meteorológicas de las Microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	91
Cuadro 21. Cálculo de la evapotranspiración mensual de las estaciones meteorológicas de la microcuencas Río Pansalic y Pancochá .....	94
Cuadro 22. Evapotranspiración por Isopletras. ....	95
Cuadro 23. Aforos de los Ríos Pansalic y Río Pancochá.....	97
Cuadro 24. Resumen del balance hidrológico de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá .....	99
Cuadro 25. Recurso político .....	100
Cuadro 26. Recurso natural y Físico .....	101
Cuadro 27. Ubicación y caudal de principales manantiales.....	104
Cuadro 28. Resultados a físico-químicos .....	105
Cuadro 29. Resultados microbiológicos de laboratorio de las muestras de las microcuencas río Pansalic y Pancochá.....	107
Cuadro 30. Cálculos evapotranspiración estación INSIVUHME central.....	117
Cuadro 31. Evapotranspiración estación Suiza Contenta.....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá .....	4
Figura 2. Fisiografía de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá .....	7
Figura 3. Agua superficial microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	12
Figura 4. Capacidad de uso de la tierra (INAB) Río Pansalic y Pancochá .....	15
Figura 5. Uso de la tierra de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá .....	17
Figura 6. Contaminación del agua superficial y deforestación en las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	23
Figura 7. Ubicación geográfica de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá .....	60
Figura 8. Mapa de serie de suelos de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá.....	65
Figura 9. Mapa de uso de la tierra de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá .....	67
Figura 10. Mapa de puntos de aforo de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá .....	76
Figura 11. Laboratorio móvil de análisis de Agua Recursos Hídricos y Cuencas Hidrográficas .....	78
Figura 12. Mapa de hidrológico de la microcuencas Rio Pansalic y Pancochá.....	86
Figura 13. Precipitación mensual dentro de las microcuencas .....	89
Figura 14. Mapa isoyetas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	90
Figura 15. Temperatura promedio mensual, de las estaciones meteorológicas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	91
Figura 16. Mapa de isotermas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.....	93
Figura 17. Evapotranspiración mensual por Hargreaves.....	94
Figura 18. Mapa de isopletras de las microcuencas Rio Pansalic y Pancochá. ....	96
Figura 19. Caudales medio mensuales microcuencas Rio Pansalic y Pancochá.....	98
Figura 20. Grafica Log NU vrs U .....	114
Figura 21. Grafica Log LU vrs U .....	114
Figura 22. Curva hipsométrica .....	116
Figura 23. Análisis de agua fuente 1 .....	119
Figura 24. Análisis fuente de agua .....	120
Figura 25. Análisis fuente de agua .....	121
Figura 26. Aforo de caudales .....	127
Figura 27. Hidroeléctrica Pasabien.....	127
Figura 28. Reforestación y aforo de caudales.....	128
Figura 29. Entrega de diplomas.....	129
Figura 30. Práctica de Aforos .....	130
Figura 31. Capacitación uso GPS .....	130
Figura 32. Conservación de suelos .....	132
Figura 33. Construcción de gaviones Parracana La esperanza Quetzaltenango .....	132
Figura 34. Protección de fuentes de agua La esperanza Quetzaltenango .....	132
Figura 35. Vivero Forestal .....	132
Figura 36. Construcción de Invernadero Chuicavioc Quetzaltenango .....	133

## RESUMEN

En Guatemala la presión sobre los recursos naturales renovables cada día se acelera, es por esto que son más escasos, estos son fuente de vida, la permanencia de estos bienes naturales aseguran el desarrollo sostenido de una población, por esto que es necesario tomar acciones que conlleven al manejo sostenible.

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala-USAC- cuenta con el programa de Ejercicio Profesional Supervisado-EPSS- y el Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales-IIA-, que han tomado acciones directamente en lo que es la investigación por lo que, el presente documento es parte de las actividades de estos programas.

La falta de estudios a nivel de país sobre recursos naturales renovables en muchas regiones de Guatemala limita la intervención de las instituciones, por ello la Facultad de Agronomía y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, contribuyendo al desarrollo del país, establecieron un acuerdo para generar investigación, cuyo resultado fue el estudio de las microcuencas de los Ríos Pansalic y Pancochá, que fue realizado durante el periodo de agosto del 2009 a mayo 2010, y contiene tres capítulos que son: diagnóstico, investigación, servicios.

El diagnóstico realizado proporciona información sobre los recursos naturales renovables a nivel de reconocimiento y estado actual de los recursos, para tener un marco de referencia de las microcuencas de los ríos Pansalic y Pancochá.

También se presenta la investigación titulada caracterización del recurso hídrico superficial y lineamientos de manejo de las microcuencas de los ríos Pansalic y Pancochá Mixco, Guatemala, la cual fue enfocada a la caracterización morfométrica, balance hidrológico, calidad del agua superficial y lineamientos de manejo, ya que dicha área carecía de información específica y actualizada.

Las microcuencas cuentan con dos corrientes principales que son los ríos Pansalic y Pancochá, la recarga hídrica es de 220.24 mm anuales, En cuanto a la calidad del agua superficial específicamente de nacimientos principales de abastecimiento, de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos el agua es apta para consumo humano, mientras las características microbiológicas por la presencia de *Escherichia coli* pueden causar enfermedades gastrointestinales si no se les aplica el tratamiento adecuado.

Los servicios realizados fueron con base a las necesidades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, donde el primer servicio consistió en el monitoreo de campo a la hidroeléctrica Pasabién para corroborar el cumplimiento de pactos sociales establecidos con comunidades y municipalidad. Se evaluó el caudal ecológico, las reforestaciones, se logró cuatificar el caudal de las tomas de riego y se verificó los tanques de distribución de agua potable. El segundo servicio consistió en las capacitaciones sobre inventarios de fuentes de agua en el departamento de Alta Verapaz, en donde se logró capacitar a 30 comunitarios y 20 técnicos para aplicarlo en 4 microcuencas donde se realizó el inventario de fuentes de agua. El tercer servicio fue el monitoreo de los proyectos del Programa Regional de Reducción de Vulnerabilidad y Degradación Ambiental, PREVDA de la Cuenca Alta del Río Samalá en los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán, como contrapartida técnica del MARN, los proyectos monitoreados fueron: reforestaciones, protección de fuentes de agua, construcción de invernaderos, huertos familiares, construcción de gaviones en ribera de ríos, conservación de suelos, así como capacitaciones sobre gestión integrada de recursos hídricos, gestión ambiental y gestión de riesgos, el programa culminó con el 76% de ejecución.

Para la realización del presente trabajo, se contó con el financiamiento del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y la Asesoría Técnica de la Facultad de Agronomía.

## **CAPITULO I**

**DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LAS  
MICROCUENCAS DE LOS RIOS PANSALIC Y PANCOCHÁ MIXCO, GUATEMALA, C.A**

## 1. Presentación

Las microcuencas de Río Pansalic y Pancochá, se encuentran ubicadas en municipio de Mixco del departamento de Guatemala. Estas microcuencas están localizadas en la parte central de la cordillera Alux. Tienen una superficie de 951 hectáreas (9.51 kilómetros cuadrados). El Río Pansalic se une con el río Pancochá para formar el río Molino el cual desemboca en el río Villalobos. Forma parte de la cuenca del río María linda. Las microcuencas se encuentran en un área rural de la cual el 1.26% del área está poblada; Las poblaciones asentadas dentro de las microcuencas son el Manzanillo, Los Celajes, La Maravilla, Pachí, Pacul, San Ignacio y El Roconal.

En la Actualidad la presión que ejercen las poblaciones dentro y fuera de la microcuencas, afecta los recursos naturales, principalmente en la calidad y cantidad del agua superficial, la cual es un suministro para dichas poblaciones, como también en la deforestación y los incendios forestales, afectando principalmente la flora, fauna y el recurso hídrico en las secciones media y alta de las microcuencas, por lo que este estudio generó información concerniente a los recursos naturales de las mismas, como las problemáticas que actualmente presentan, logrando así identificar efectos y causas.

Esta información básica servirá para las entidades encargadas del área con la cual se puedan generar estrategias de conservación y manejo sostenible de dichas microcuencas.



## **2. Marco Referencial**

### **2.1 Descripción del área de las microcuencas del Río Pansalic y Pancochá**

La microcuencas de río Pansalic y Pancochá comprende una de las microcuencas que conforma la cordillera Alux, y esta se encuentra dentro de las cuencas de Río María linda, encontrándose de carácter protegido siendo el Consejo Nacional de Áreas Protegidas la encargada de administrar y manejar adecuadamente el área (CONAP, 2008).

#### **2.1.1 Ubicación y posición geográfica**

Las microcuencas del Río Pansalic y Pancochá se encuentran ubicada en el municipio de Mixco, Guatemala, con un área de 9.51 km<sup>2</sup> las cuales se encuentran ubicadas en las coordenadas del sistema Universal Transverse Mercator –UTM- 1,619,640 a 1,622,373 Norte y 750675 a 757476 Oeste (ver figura1).

#### **2.1.2 Vías de acceso**

La principal vía de acceso para llegar a las microcuencas de Río Pansalic y Pancochá es la carretera interamericana CA-1, a partir del kilómetro 17.5 hasta el kilómetro 27.5.

Dentro del área de estudio se determino que existe una red vial que comunica a los diferentes poblados esta es transitable en todo época (CONAP, 2008).

## **2.2 Centros poblados**

En la microcuencas, se localizan los siguientes poblados: Los Celajes. La Maravilla, El Manzanillo, Pacul, San Ignacio, El Roconal y Pachali. (CONAP 2008).

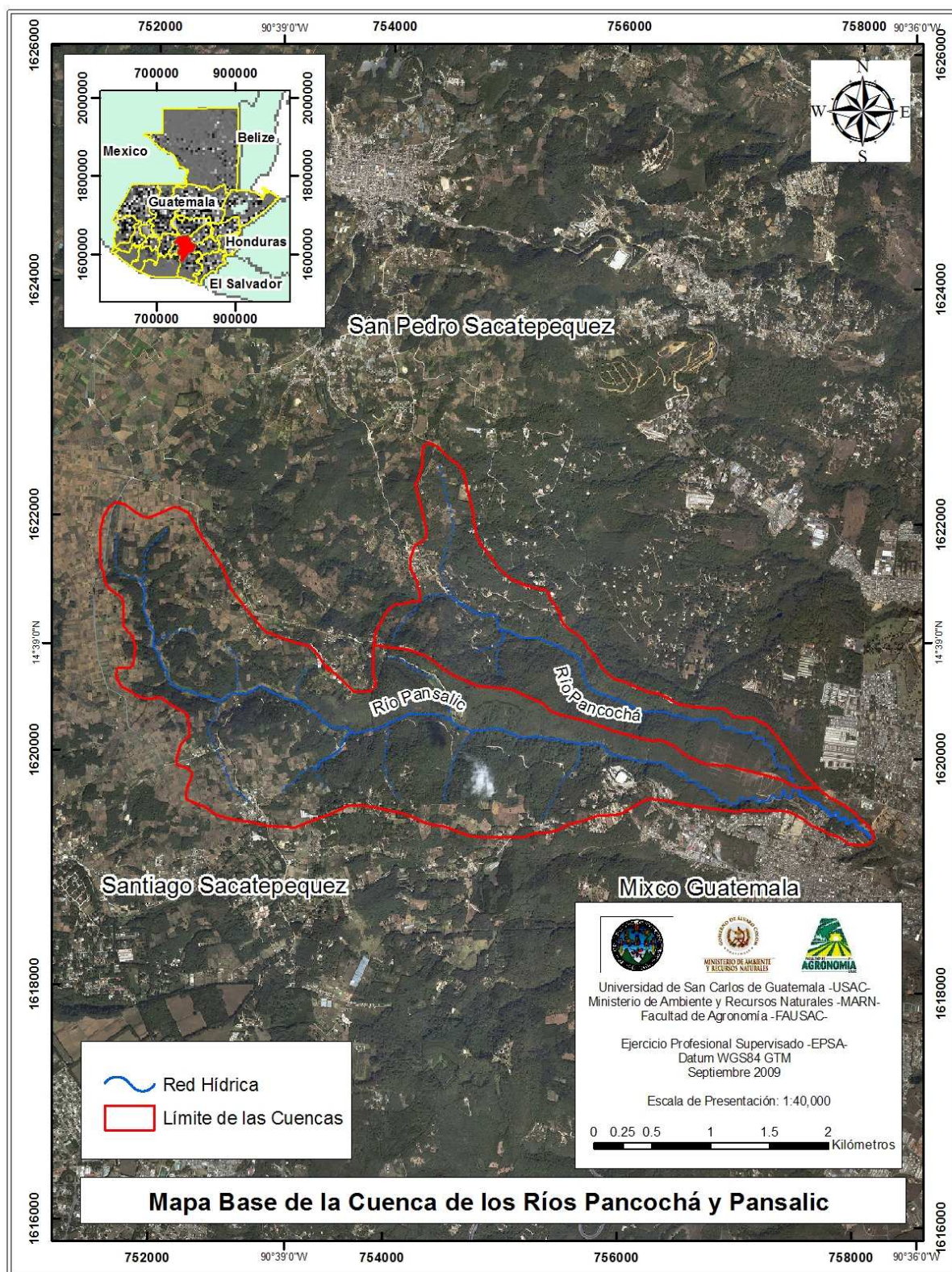


Figura 1. Ubicación geográfica de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá

## **2.3 Aspectos biofísicos**

### **2.3.1 Zonas de vida**

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Guatemala (De la Cruz, 1982), las microcuencas corresponden al Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bh-Mb). Las principales especies indicadoras de esta zona de vida son los Encinos (*Quercus conspersa*, *Quercus tristis*, *Quercus brachistachys*), asociados generalmente con algunas especies de Pino (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus maximinoi*), razón por la cual se denominan “Bosques de Pino-Encino” (CONAP, 2008).

### **2.3.2 Hidrografía**

El cauce principal de la microcuenca es el Río Pansalic que se une al Río Pancochá, para formar El Río molino (IGN, 1978). Dichas microcuencas pertenece a las subcuenca del Río Michatoya, cuenca del Río María Linda, que pertenece a la vertiente del pacifico (CONAP, 2006).

### **2.3.3 Fisiografía y geomorfología**

Los suelos de las microcuencas Pansalic y Pancochá, se ubican dentro de la región fisiográfica Tierras Altas Volcánicas y la Subregión Montañosa y Planicie Central. Las Tierras Altas Volcánicas se caracterizan por encontrarse cubiertas de basalto y riolacitas, las cuales se desarrollaron sobre el basamento cristalino y sedimentario, que se encuentra hacia el norte del valle hendido (graven), en que está localizada la ciudad de Guatemala (IGN, 1978).

La Subregión Montañosa y Planicie Central, se caracteriza por presentar un drenaje tipo dendrítico, subdendrítico, paralelo, subparalelo, trellis y trezado. Dado que el área se desarrollo en un ambiente volcánico, los materiales geológicos que se observan son rocas

volcánicas, andesitas y basaltos, flujos riolíticos (obsidianas y perlitas); materiales aluviales, sedimentos fluvio-lacustres, lahares y ceniza volcánica. (CONAP. 2008)

De acuerdo con el análisis realizado, se pudo ver que la fisiografía encontrada es montaña volcánica del centro del país con 828.67 hectáreas (87%), valle tectónico de la ciudad de Guatemala 121.67 hectáreas (13%).

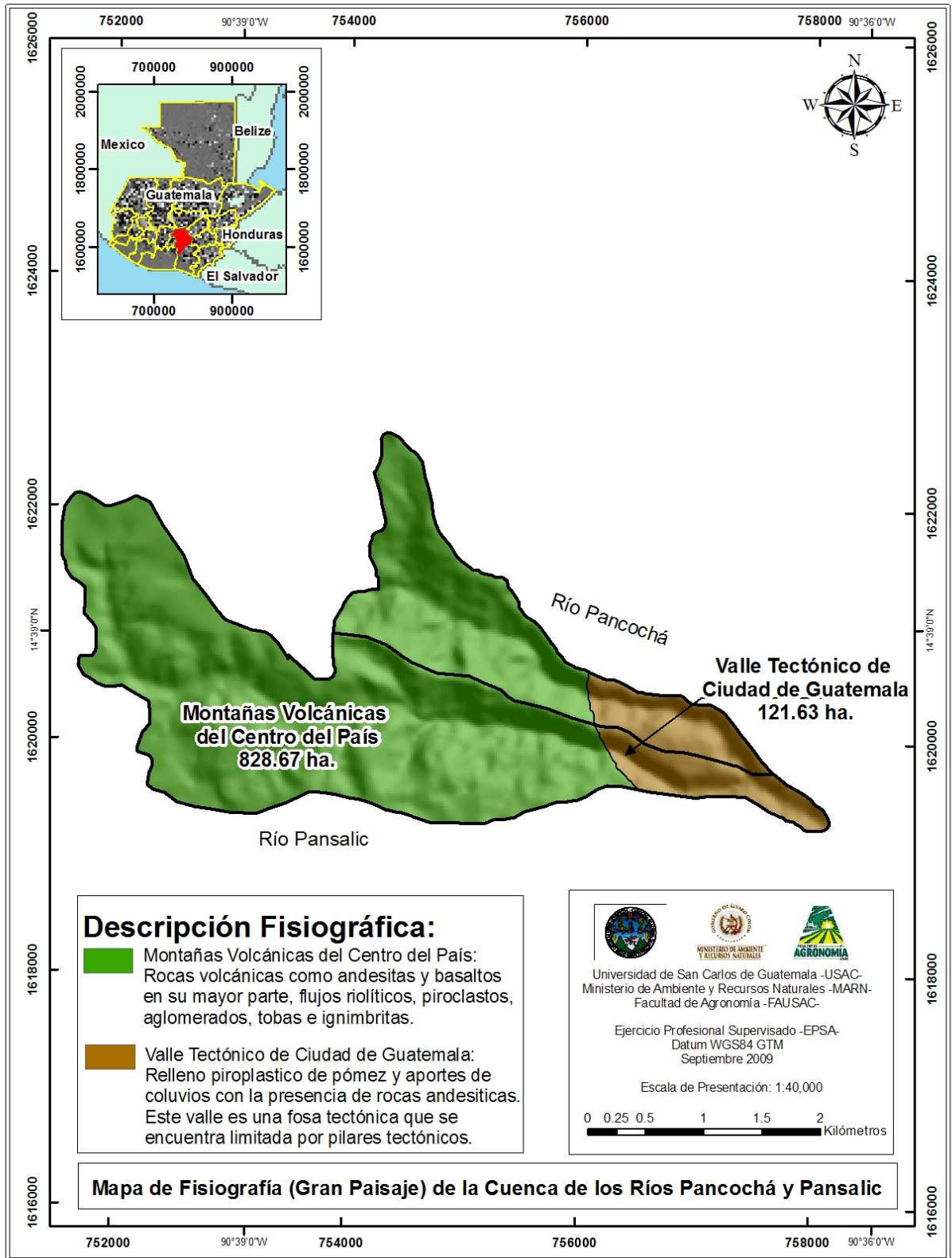


Figura 2. Fisiografía de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá

### 2.3.4 Geología

Los suelos de la microcuencas Pansalic y Pancochá, pertenecen predominantemente al período Terciario, con una edad que va desde los 66.4 millones de años hasta los 1.8 millones de años, mientras en menor porcentaje, se encuentran los suelos del período Cuaternario, los cuales tienen una edad cercana a los 2 millones de años. En el cuadro 1, se presentan las características de los suelos de estos dos períodos, los cuales presentan Rocas Ígneas-- y Metamórficas, como resultado de la intensa actividad volcánica que se desarrolla en Guatemala. Todo este material superficial descansa sobre material calizo y metamórfico muy antiguo, que permite que los suelos sean muy similares, desde el punto de vista hidrológico, ya que poseen la misma permeabilidad y conductividad hídrica (CONAP, 2008). En la figura 2, se presentan los límites de las diferentes categorías geológicas que comprenden la Cordillera Alux. (IGN,1978).

**Cuadro 1. Características de los suelos de estos dos períodos**

<i>PERÍODO</i>	<i>EDAD (MILLONES DE AÑOS)</i>	<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>EXTENSIÓN (HA)</i>	<i>%</i>
Terciario	66.4 a 1.8	Rocas ígneas y metamórficas. Rocas volcánicas sin dividir. Predominantemente Mio-Plioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico, y sedimentos volcánicos	546	87.38
Cuaternario	2	Rocas ígneas y metamórficas. Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso.	3,976	12.62

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Realizar un diagnóstico a nivel de reconocimiento de los recursos naturales renovables de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá Mixco, como base para el desarrollo de programas de investigación.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información biofísica de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá
- Analizar el estado actual de los recursos naturales suelo, agua, flora y fauna.
- Priorizar la problemática actual de las microcuencas del Río Pansalic Y Pancochá.

## **4. Metodología**

La metodología que se implementó para la ejecución del diagnóstico consistió principalmente en tres fases.

### **4.1 Fase inicial de gabinete**

En esta fase, se recopiló toda la información secundaria de la microcuencas del Río Pansalic y Pancochá

- Visita al Consejo Nacional de Áreas protegidas (CONAP) encargados de la cordillera Alux, y otras instituciones vinculadas con las microcuencas
- Visitas al centro de documentación (CEDIA) de la Facultad de Agronomía
- Consulta de mapas Topográficos y temáticos sobre el área en estudio.
- Información digital existente, como páginas Web.

### **4.2 Fase de campo**

Se realizaron visitas de campo en las microcuencas Rio Pansalic y Pancochá, haciendo un sondeo general de la distribución y manejo de los recursos naturales dentro de las microcuencas, como también las áreas pobladas.

Con la visita a campo se logro recopilar información faltante, también se pudo corroborar la información recopilada en la primera etapa de gabinete. Siendo las principales actividades realizadas las siguientes:

- Recorrido dentro de las microcuencas parte media alta y baja.
- Entrevistas a pobladores dentro del área.
- Se realizo una documentación fotográfica de los recursos naturales de las microcuencas, como también de las actividades de la población.



### **4.3 Fase final de gabinete**

#### **4.3.1 Sistematización de la información**

Se procedió a realizar una sistematización de la información recopilada y verificada, tanto en la fase inicial de gabinete como en la fase de campo, realizando las siguientes actividades.

Elaboración de mapas, de ubicación geográfica, mapas temáticas, en base a mapas cartográficos y los mapas generados

Análisis de la información recopilada y generada sobre el uso y estado actual de los recursos, como también los aspectos socioeconómicos

#### **4.3.2 Priorización de problemas**

Se realizó un análisis de la problemática, mediante una matriz para priorizar problemas, con la participación de las instituciones encargada del área (Consejo Nacional de Áreas Protegidas) y criterio técnico.

## 5. Resultados

### 5.1 Recursos hídricos

#### 5.1.1 Agua superficial

Las poblaciones que se encuentra dentro de la microcuencas, tanto aldeas, caseríos (el Manzanillo, Los Celajes, La Maravilla, Pachi, Pacul, San Ignacio y El Roconal), utilizan o se abastecen del agua de manantiales y ríos principales ubicados en las microcuencas. También la poblaciones aprovechan el agua superficial, para los quehaceres cotidianos y riego de cultivos (CONAP, 2008)



**Figura 3. Agua superficial microcuencas Río Pansalic y Pancochá**

#### 5.1.2 Agua Subterránea

Dentro de las microcuencas existe una gran cantidad de manantiales de agua en las partes altas y medias de las microcuencas, y estas hacen que el caudal del río en época seca se mantenga, en estas microcuencas son zonas almacenamiento de agua subterránea. (CONAP, 2006).

## **5.2 Clima**

El clima prevaleciente en las microcuencas Río Pansalíc y Pancochá según la Clasificación de Thornhtwaite, es templado, con invierno benigno, húmedo y estación seca. En el área se definen dos épocas: la seca, de noviembre a abril, y la lluviosa de mayo a octubre (CONAP, 2008).

La temperatura media anual es de 19.26 grados centígrados, la humedad relativa es de 78.45%, La precipitación media anual es de 1265.80 milímetros, La evapotranspiración media anual es de 830.66 milímetros.

## **5.3 Suelos**

### **5.3.1 Serie de suelos**

Según Simmons los suelos de las microcuencas Río Pansalíc Y Pancochá, de acuerdo a la Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala (Simmons, 1959), pertenecen a los suelos de la Altiplanicie Central y al subgrupo de suelos profundos sobre materiales volcánicos a mediana altitud. A nivel de serie, pertenecen a la serie "Cauque", los cuales se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea firme y gruesa. Los relieves se caracterizan por ser escarpados en combinación con superficies onduladas y casi planas.

El suelo superficial a una profundidad de 15 centímetros es franco o franco-arcillo-arenoso, friable de color café oscuro, con un alto contenido de humus y estructura granular fina. A profundidades de 50 centímetros hasta más de un metro, la estructura es granular suave y con un valor de pH de 6.0. El material parental es pómez gruesa cementada, de color casi blanco; en algunos lugares se encuentra sin descomponer y en otros, está intemperizada a más de tres metros de profundidad.

La textura franco arcillo-arenosa y la estructura de bloques, contribuyen a que estos suelos presenten buenas condiciones de drenaje y permitan una buena infiltración, situación que favorece la percolación hacia los mantos acuíferos (CONAP, 2008).

### **5.3.2 Taxonomía de suelos**

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá, pertenecen al orden Inceptisoles y pequeñas áreas de suelos corresponden al orden de los Entisoles (CONAP. 2008).

**El orden Inceptisol**, se caracteriza por ser un suelo joven, sin fuerte desarrollo ubicado en áreas con pendientes onduladas a moderadas, con cobertura forestal mixta y latifoliada.

**EL orden Entisol**, presenta poco desarrollo debido a condiciones de pendientes ligeramente inclinadas a fuertemente inclinadas que inciden en la erosión de los suelos u por ello son los menos apropiados para actividades agrícolas y entre sus limitaciones esta la poca profundidad efectiva, la pedregosidad interna y los afloramientos rocosos. Se recomienda para producción forestal o sistemas agroforestales.

### **5.3.3 Capacidad de uso de la tierra**

De acuerdo al análisis realizado, la categoría de capacidad de uso de la tierra de mayor extensión dentro de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, es Áreas protegidas de protección , la cual abarca una superficie de 900.16 hectáreas que equivalen al (94.65 %, del área. Otra categoría de mayor representación dentro de la microcuenca es la agricultura sin limitaciones que ocupa una extensión de 38.44 hectáreas que equivalen al 4.04 % del área y sistemas silvopastoril con 12.88 hectáreas que equivalen a 1.35 % del área.

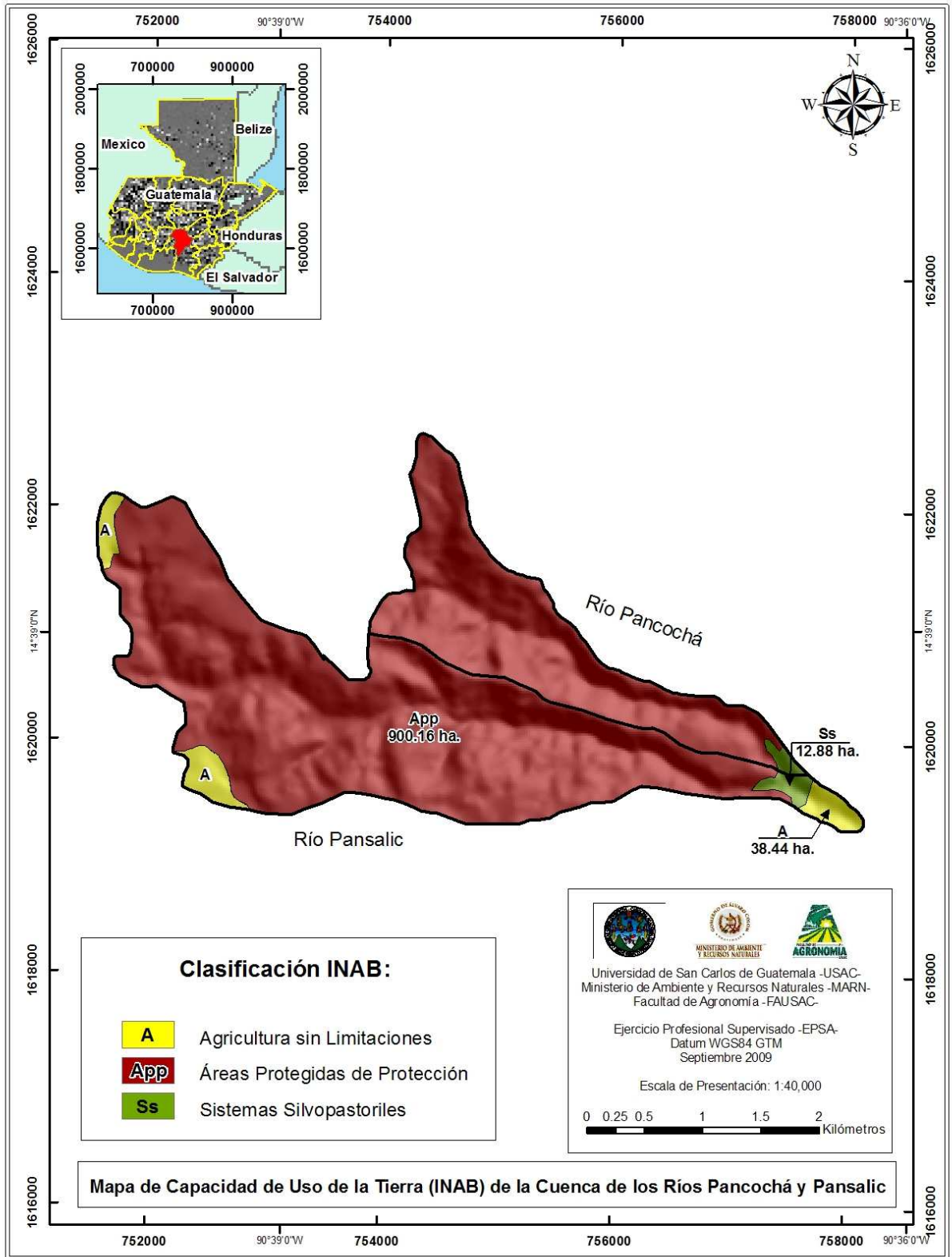


Figura 4. Capacidad de uso de la tierra (INAB) Río Pansalic y Pancochá

#### **5.3.4 Uso de la tierra**

De acuerdo al análisis realizado, la categoría de uso de la tierra de mayor extensión dentro de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, es la de bosque mixto, la cual abarca una superficie de 701 hectáreas que equivalen al 73.71 %, del área. Otra categoría de mayor representación dentro de la microcuenca son los claros aéreas sin cobertura que ocupa una extensión de 209 hectáreas que equivalen al 21.97 % del área, otra categoría es la de matorral o mente bajo, la cual ocupa una extensión de 28 hectáreas que equivalen al 2.94 % del área, y con 12 hectáreas esta el área densamente edificada con 1.26 % del área.

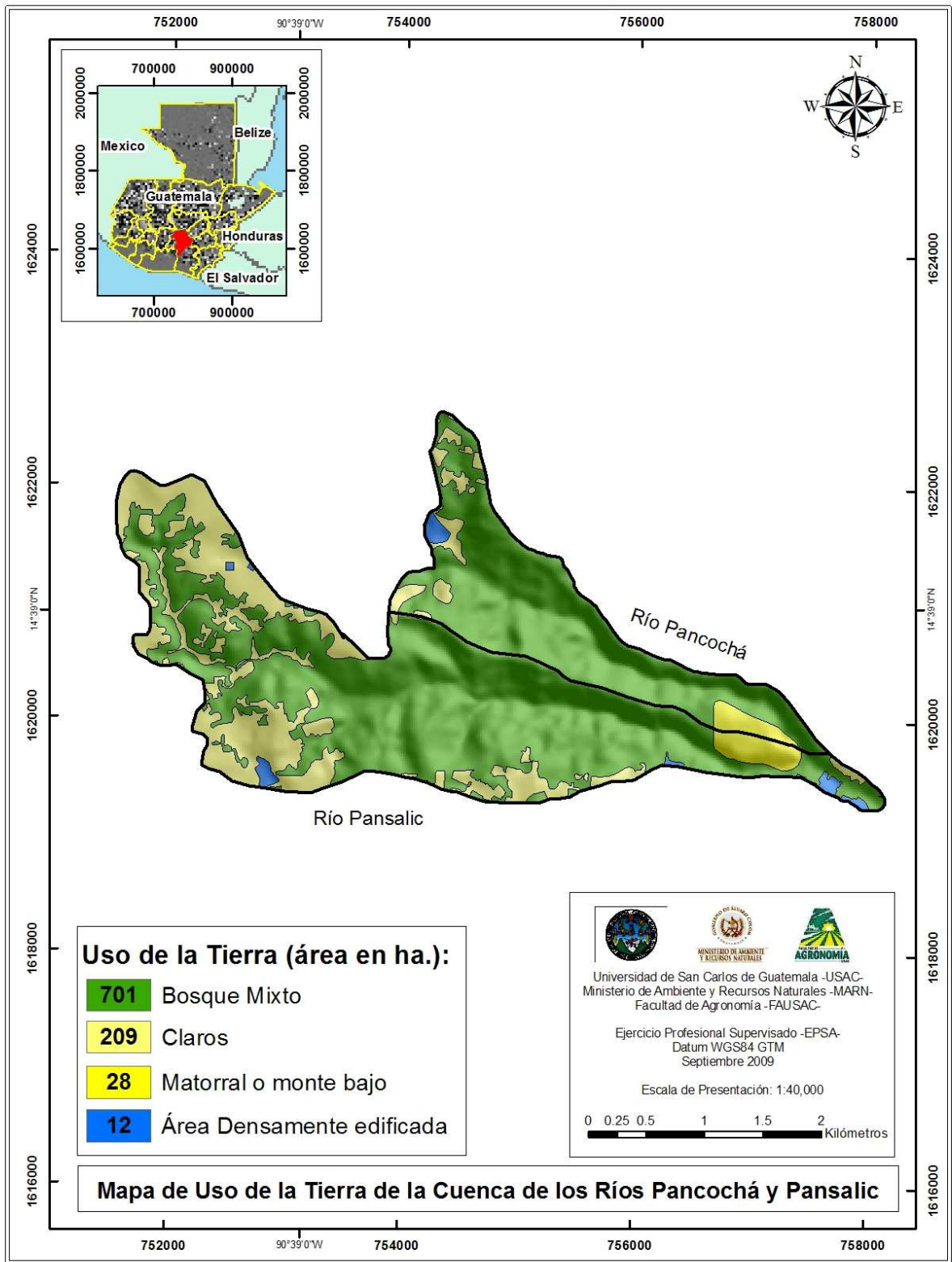


Figura 5. Uso de la tierra de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá

## 5.4 Flora y Fauna

### 5.4.1 Flora

Se ha destacado la importancia de la composición de las diferentes masas forestales sobre la lámina de recarga hídrica en los suelos de las miccuencas Pansalic y Pancochá. Se puede decir, que la vegetación, después del recurso agua, es uno de los recursos renovables más importantes, por las funciones que cumple. Este recurso renovable, resulta estratégico por su ubicación en las cabeceras de las Cuencas de los ríos María Linda ya que la misma, tiene efectos favorables sobre el régimen hídrico, en cuanto a la distribución, continuación y sobre la calidad del agua. Además presenta vestigios de la vegetación natural original y su manejo debe estar orientado a la protección de los otros recursos naturales, con especial énfasis en el agua (CONAP, 2008).

En cuanto a los bosques se pueden diferenciar tres grupos de masas forestales. Un grupo que está compuesto de especies latifoliadas, un grupo de especies de latifoliadas y de coníferas, y otro grupo compuesto predominantemente de coníferas.

El bosque latifoliado, ocupa los lugares más húmedos, principalmente las riberas de los ríos. Dado que los pobladores de las áreas aledañas a las masas boscosas mixtas, prefieren las especies de coníferas, ahora predominan las de hoja ancha, sobresaliendo el género *Quercus* y *Alnus* (Ilamo), acompañadas por las especies *Trema micrantha*, *Bocconia arborea* (Sangre de chucho), *Prunus capulí*, *Ostria virginiana* var. *guatemalensis* y *Arbutus xalapensis*, entre otras.

El bosque de coníferas, está compuesto principalmente por *Pinus maximinoi*, y en menor abundancia por *Pinus oocarpa*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae* y *Cupressus lusitanica*. Otras especies que se encuentran en este tipo de bosque, pertenecen al género *Quercus*, siendo estas: *Quercus acatenanguensis*, *Quercus brachystachys*, *Quercus conspersa*, *Quercus peduncularis*, *Quercus pilicaulis*, *Quercus skinneri* y *Quercus tristis*.



En el bosque Mixto, se encuentran las especies del género *Quercus* y *Alnus*, con escasa presencia de especies del género *Pinus*. Otros géneros presentes son: *Ostrya* y *Carpinus*.

- Flora maderable

En el proyecto “Análisis de uso de Recursos Forestales maderables en la Cordillera Alux”, se realizó la investigación que permitió obtener el listado actualizado de los árboles presentes en la Cordillera Alux (CONAP, 2006), en donde se presenta un descriptor de 31 especies vegetales, con usos como: Leña, madera, carbón, ornamental, productora de tintes naturales y medicinal. Así también, se mencionan las especies más comunes para algunas áreas.

- Flora no maderable

La flora no maderable asociada con el bosque mixto en la Cordillera Alux, es importante por las relaciones ecológicas que se establecen entre estratos arbóreo, arbustivo y sotobosque. La flora no maderable en este tipo de bosque, se caracteriza por su alta diversidad florística. Esta variedad ha permitido su uso hace siglos por los pobladores nativos, con fines medicinales, alimenticios, ornamentales, etc.

El estudio “Plantas útiles de la Cordillera Alux”, identificó 158 especies vegetales, de las cuales 27 son comestibles (17.09%), 66 medicinales (41.77%) y 26 ornamentales (16.46%). Además se identificaron 30 especies sembradas y 19 especies de hongos comestibles (Immerzeel y Pardo, 2,007). También debe destacarse la presencia de germoplasma silvestre de maíz negro y olotón, yuca, frijol y anona (Azurdia, 2004).

#### **5.4.2 Fauna**

Son escasos los estudios de fauna en la Cordillera Alux, que permitan conocer su diversidad, abundancia y distribución, y la mayoría se han realizado en el Parque Ecológico Senderos de Alux. Se estima que las poblaciones de animales son bajas, aunque mantienen su diversidad, reflejando los problemas de la Cordillera Alux. Este

Parque representa el 1.09% del área de la Cordillera Alux. El total de especies de fauna reportadas para la cordillera, es de 80, distribuidas entre aves, invertebrados, mamíferos, reptiles, mariposas (CONAP, 2008).

- Ornitofauna

Se reportan 53 especies de aves, de las cuales 40 especies son residentes y 12 migratorias. De estas 40 especies residentes, 14 especies son endémicas (26.41%).

El estudio concluye, que el 35% de las aves registradas son endémicas, típicas de bordes y de bosques secundarios y/o perturbados, y sólo unas pocas, son típicas de bosques primarios, lo cual hace suponer, que el área tiene un alto grado de fragmentación, lo cual atrae a estas especies de aves.

En la publicación “Animales y plantas del Cerro Alux”, se enlistan 31 especies de aves, cuya importancia es atribuida a que contribuyen al control de las poblaciones de otras especies y a la dispersión de semillas.

En un estudio realizado por Defensores de la Naturaleza, para la búsqueda del Chipe Cachete Dorado (*Dendroica chrysopharia*), en varios bosques de pino-encino de la república, se encontraron algunos especímenes en la Cordillera Alux. Esta ave se utiliza como indicador de buenas condiciones de bosque de Pino-Encino, por lo que el hallazgo de esta especie en la cordillera es importante.

- Mastofauna

Se han reportado 15 especies de mamíferos, en el área del Parque Ecológico, destacándose dentro de las mismas, el armadillo (*Dasypus novencinctus*), el tacuazín (*Didelphys marsupialis*), la taltuza (*Orthogeomys hispidus*). En la cordillera se encuentran 10 especies de murciélagos, representantes de las familias Phyllostomidae y Vespertilionidae.

- Herpetofauna

Se reportan 14 especies de anfibios y reptiles en diferentes zonas de la Cordillera.

- Aracnidae

Los arácnidos juegan un papel importante en el equilibrio del ecosistema de la cordillera, porque que son agentes naturales de control biológico, ya que se alimentan de pequeños invertebrados, reduciendo así las posibilidades de apareamiento de plagas. Se logró la identificación de dos Subfilos, el subfilo Chelicerata, clase arácnida, con 9 ordenes y el subfilo Hexápoda, con 2 clases y 11 ordenes. De acuerdo a estos resultados, la autora concluye que la diversidad de arácnidos encontrados, es un indicador de la poca perturbación del hombre en el Parque Ecológico (CONAP. 2008)

- Entomofauna

Dentro del grupo de los insectos, únicamente se ha trabajado con mariposas. En cuanto a mariposas diurna se determinó que en la cordillera hay 16 especies y 9 familias. Hace falta mucha investigación en este campo, puesto que los insectos nos pueden decir cosas importantes sobre la integridad de los ecosistemas (CONAP. 2008)

## **5.5 Análisis de la problemática**

### **5.5.1 Problemas detectados**

Considerando la información obtenida de los recursos naturales de las microcuencas Pansalic y Pancochá, mediante las observaciones en los recorridos de campo y las entrevistas a los habitante y personal de las instituciones encargadas al manejo del área, se determinaron los siguientes problemas:

- Deforestación
- Escasez y Contaminación del agua superficial.
- Erosión de los suelos.
- Pérdida de biodiversidad.
- Incendios Forestales

- **5.5.2 Matriz de Priorización de Problemas**

La matriz de priorización de problemas se llevó a cabo con la participación de los integrantes del área en estudio como con algunos guardabosques del área protegida Cordillera Alux siendo un rango de 0-10 para cada problemática.

**Cuadro 2. Matriz de problemas**

<b>Problemas</b>	<b>Pérdidas económicas (0-10)</b>	<b>Daños al Ambiente (0-10)</b>	<b>Personas afectadas por el problema (0-10)</b>	<b>Prioridad (sumatoria)</b>
Deforestación	4	10	6	20
Contaminación del agua superficial	6	8	8	22
Cambios inadecuados en el uso de la tierra	6	8	5	19
Erosión de los suelos.	6	6	4	16
Pérdida de biodiversidad.	4	10	4	18
Incendios forestales	2	6	4	12

La problemática detectada en el cuadro 2, se colocó en primer lugar de priorización de problemas la contaminación de agua superficial, debido a que es contaminada por la población local, la cual los pobladores por no ver su aspecto sucio es consumida sin ningún tratamiento, y una parte de la población está consciente que está contaminada pero no tienen ningún estudio actualizado que indique cual ó cuales son las causas de la contaminación, en la figura 6 se muestran una de las fuentes de contaminación

En segundo lugar de priorización de problemas se encuentran la deforestación, que es principalmente ocasionada por población local, esta ocasiona la disminución de la masa boscosa, dejando los suelos más susceptibles a erosión.

En tercer lugar de priorización de problemas se encuentran el cambio del uso del suelo, este principalmente es por el avance del urbanismo dentro de las microcuencas, este ocasiona pérdida de masa boscosa y biodiversidad.



**Figura 6. Contaminación del agua superficial y deforestación en las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.**

## 6. Conclusiones

1. Las microcuencas de Río Pansalic y Pancochá, se encuentran ubicadas en municipio de Mixco del departamento de Guatemala. Estas microcuencas están localizadas en la parte central de la cordillera Alux. Tienen una superficie de 951 hectáreas (9.51 kilómetros cuadrados). Las microcuencas se encuentran en un área rural de la cual el 1.26% del área está poblada. De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Guatemala (De la Cruz, 1982), las microcuencas corresponden al Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bh-Mb). Las principales especies indicadoras de esta zona de vida son los bosques de pino-encino.
2. El recurso hídrico superficial en el área es abundante, principalmente por la alta cantidad de nacimientos de agua existentes en la parte media y alta de las microcuencas del Río Pansalic y Pancochá, pero presenta problemas de contaminación por las comunidades locales dentro de la microcuencas.
3. La flora de la microcuenca está representada coníferas y latifoliadas, dicho recurso disminuye principalmente por los deforestación y incendios forestales, las especies de fauna silvestre está disminuyendo principalmente por la eliminación de hábitat debido al cambio del uso de la tierra, los incendios forestales, deforestación como también la cacería por parte de las poblaciones ubicadas dentro y fuera de las microcuencas.
4. La principal problemática encontrada en el área radica principalmente en la contaminación del agua superficial, los incendios forestales, seguido por la pérdida de la biodiversidad de flora y fauna.

## 7. Bibliografía

1. Azurdia, C. 2004. Priorización de la diversidad biológica de Guatemala, en riesgo potencial, por introducción y manipulación de organismos vivos modificados. Guatemala, CONAP. 107 p. (Documento técnico No. 14 (03-2004).
2. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Revisión y análisis del plan maestro de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux. Guatemala, DENDRUM. 74 p.
3. \_\_\_\_\_. 2008. Borrador del plan maestro de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux. Guatemala. 74 p.
4. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1978. Mapa geológico de Guatemala: hoja Guatemala, no. 2591-I. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

**CAPITULO II INVESTIGACION**

**CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL Y LINEAMIENTOS DE  
MANEJO DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RIOS PANSALIC Y PANCOCHÁ MIXCO,  
GUATEMALA, C.A.**

**CHARACTERIZATION OF THE RESOURCE SUPERFICIAL HIDRIC AND  
MANAGEMENT GUIDELINES OF THE MICRO BASING RIVERS PANSALIC AND  
PANCOCHÁ MIXCO, GUATEMALA, C.A**



## 1. PRESENTACION

El manejo inadecuado de los recursos suelo y bosque, ha provocado deterioro ambiental y esto repercute principalmente en las zonas de recarga hídrica y como consecuencia las fuentes de agua disminuyen reduciendo el caudal de los ríos. Esta degradación se observa en las microcuencas de los ríos Pansalic y Pancochá pertenecientes a la subcuenca Villa Lobos de la cuenca del río María Linda en el departamento de Guatemala. Esta situación afecta a las poblaciones de municipio Mixco por la escasez de agua para consumo humano principalmente.

Por lo anterior, en esta investigación se da a conocer lo que es la caracterización morfométrica de las microcuencas, se proporcionan los lineamientos de manejo del área, balance hidrológico para conocer la recarga, así como los análisis físico-químicos y bacteriológicos de los principales nacimientos de agua.

La realización de este estudio, se obtuvo por la asesoría de catedráticos de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, así también de la Subárea del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA-. También con el apoyo técnico y financiero del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-. El periodo de elaboración de dicho estudio es de agosto del 2009 a mayo 2010.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

A nivel mundial el estado del agua es un tema de interés debido a que el mal uso de este recurso está afectando a los países en vías de desarrollo, así también a los desarrollados. Guatemala es un país dotado de un gran potencial de agua de lluvia pero comienza a sufrir presión sobre el recurso. Esto conlleva a que la cantidad y calidad del agua han disminuido debido a la contaminación que principalmente actividades de deforestación y a la presión que se ha ejercido por el aumento de la población y la carencia de políticas que orienten a una administración integral de dicho recurso.

Las microcuencas de los ríos Pansalic Y Pancochá se encuentran ubicadas en la parte central de la cordillera Alux, en el municipio de Mixco departamento de Guatemala. Es una unidad muy especial porque en ella se localizan los manantiales que aseguran el suministro de agua a los pobladores del área y a parte de la ciudad de Guatemala.

La situación hídrica de las microcuencas que se encuentran dentro de la Cordillera Alux es crítica. Desafortunadamente no existen estudios de caudales, que permitan conocer mensualmente la oferta de agua, así también como el análisis para la calidad de agua para consumo humano.

Esta investigación generará información básica sobre la morfometría de las microcuencas, balance hidrológico, los análisis físicos-químicos y bacteriológicos de los principales nacimientos que abastecen a la población y lineamientos de manejo.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

##### **3.1.1 Cuenca hidrográfica**

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

La cuenca hidrográfica, también conocida como cuenca de captación o colectora, es una unidad geográfica conformada por un río principal y por todos los territorios comprendidos entre la naciente y la desembocadura. (Guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas 2009).

Depresión natural o valle de fondo plano o cóncavo, separada de otras, por divisorias de aguas y formada por un conjunto pendientes inclinadas hacia un mismo curso de circulación de agua superficial, en el que vierten sus aguas ríos y quebradas (Herrera, 1995).

###### **3.1.1.2 Parte aguas**

Línea divisoria entre cuencas que corresponde igualmente 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” (Herrera, 1995).

###### **3.1.1.3 Tipos de corrientes.**

**Permanente:** Es aquella que siempre lleva agua o tiene un caudal cualquier época del año.

**Efímera:** Es aquella que solo lleva agua cuando ocurre u precipitación, corriente típica de zanjones y surcos.

**Intermitente:** Es aquella clase de corriente que lleva agua en alguna época del año, como en verano o invierno. (Herrera, 1995)

#### **3.1.1.4 Orden de corrientes.**

Es la medida de las ramificaciones del cauce principal en una cuenca hidrográfica, y el número de orden va con relación al número de bifurcaciones de una corriente (Herrera, 1995)

#### **3.1.1.5 Pendiente.**

Se obtiene utilizando la relación entre el desnivel de cuenca y la longitud promedio de la misma. El desnivel se puede obtener por intermedio de las curvas de nivel. (Herrera, 1995).

#### **3.1.1.6 Curva a nivel**

Es una línea trazada en mapa pasando 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 toma como plano de referencia para medir la altitud de las otras curvas de nivel. (Herrera, 1995)

### **3.1.2 Aspectos morfométricos**

Estos fueron tomados del manual de Hidrológica de (Herrera, 1995) y se enumeran de acuerdo al orden según la metodología del manual.

#### **3.1.2.1 Aspectos lineales de la cuenca.**

##### **Orden de corrientes.**

Es una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica. Un río de primer orden es un tributario pequeño sin ramificaciones. Un río de segundo orden es uno que posee únicamente ramificaciones de primer orden. Un río de tercer orden es uno que posee solamente ramificaciones de primero y segundo orden y así sucesivamente. El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal y este, es extremadamente sensitivo a la escala del mapa utilizado (Herrera, 1995).

### Grafica log Nu. vrs u

Es una relación, que se utiliza para determinar si los ordenes de corrientes y los números de cada uno, se definieron correctamente. La gráfica se plotea en papel semilogarítmico colocando en el eje de las abcisas "u" y en el de las ordenada "Log Nu". El gráfico, tiene que coincidir con una recta, de sentido negativo, si no es así, quiere decir que no se dio u buen conteo de orden de corrientes (Herrera, 1995).

Donde:

Nu = Número de corrientes de orden u

u = Orden de una corriente

### Radio de bifurcación medio(RB)

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

Nu = Número de corrientes de orden u.

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

i = Número de relaciones. i = 1.... n

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

Las relaciones de bifurcación dentro de una cuenca, tienden ser de la misma magnitud; generalmente valores entre 2 y 4 con valor promedio de 3.5.

### **Longitud media de corrientes (L $\bar{u}$ )**

Es indicador de pendientes de tal cuenta que las cuencas corrientes con longitudes cortas reflejan pendientes muy escapadas y las cuencas con longitudes largas van a reflejar pendiente suaves o planas (Herrera Ibáñez 1995).

$$L\bar{u} = \frac{\text{Longitud acumulada de corrientes de orden } u}{nu}$$

### **Grafica log Lu vrs u**

Debe ser una relación de sentido positivo, donde la grafica debe coincidir con una recta. Se coloca en el eje de las abscisas u (orden de corrientes) y en el eje de las ordenadas Log Lu (Longitud media de corrientes), en papel semilogarítmico.

Si los puntos ploteados, no dan una línea recta, es decir, que existen quiebres, por lo tanto, significa que no se determinaron correctamente longitudes de los órdenes (Herrera Ibáñez 1995).

### **3.1.2.2 Aspectos de superficie**

#### **Área de la cuenca (Ak)**

Este indica la superficie del área drenada, 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.

El área de la cuenca se calcula con planímetro polar o por los métodos de la cuadrícula o el de la pesada (Herrera 1995).

#### **Relación de forma (Rf)**

La forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo. La mayoría de las cuencas tienden a tener la forma de una pera; sin embargo, los controles geológicos conducen a numerosas variaciones a partir de está

forma. Horton citado por (Herrera Ibáñez 1995), sugirió un factor adimensional de forma "Rf" como índice de la forma de una cuenca según la ecuación:

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

Donde:  $Ak$  = Área de la cuenca en estudio en  $km^2$

$Lc$  = Longitud del cauce principal, en km, medida desde el nacimiento del cauce hasta la salida en la cuenca (punto de aforo).

Este índice o su recíproco han sido usadas extensamente como indicadores de la forma del hidrograma unitario.

Se tienen valores diferentes de relaciones de forma, según forma geométrica de la cuenca, donde para un círculo es de 0.73; para un cuadrado, con la salida en el punto medio de uno de los lados igual a 1, y para el cuadrado con la salida en una esquina igual a 0.5; por lo que generalmente las cuencas ovaladas tienen valores alrededor de 0.4 a 0.5 y en las cuencas largas tienen relaciones de forma menores de 0.3.

La forma de la cuenca tiene fundamental importancia en cantidad de escorrentía para una misma área y una misma intensidad de lluvia, por lo que el hidrograma de salida depende directamente de la forma de la hoya. El factor de forma da alguna indicación la tendencia a las avenidas en el cauce, porque una cuenca con factor de forma bajo, tiene menos tendencias a concentrar intensidades de lluvias que una cuenca de igual área, pero con factor de forma más grande (Herrera, 1995).

### **Densidad de drenaje (D)**

Es una característica física importante, que se debe tener en cuenta al hacer la evaluación hidrológica de una cuenca.

Esta es indicativa de la relación entre la infiltración y la escorrentía, es decir, de las condiciones de permeabilidad de acuerdo a la textura del suelo.

Por densidad de drenaje se entiende la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de las precipitaciones y que

quedan sobre la superficie de la tierra, debido al grado de saturación de las capas del subsuelo. Si éste se encuentra saturado, y la lluvia continúa almacenándose sobre la superficie, llegará un momento en que las aguas allí contenidas, escurren hacia el cauce natural, produciéndose así el drenaje de la cuenca, variando los valores de 3 hasta 400.

$$D = \frac{La}{Ak} \text{ km/km}^2$$

DONDE:

La = Longitud acumuladas de las corrientes.

Ak = Area de la cuenca

La longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por el área total de drenaje, define la densidad de drenaje o longitud de canales por unidad de área.

Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. En sitios permeables y donde el relieve es bajo, ocurren densidades de drenaje bajas. Los valores altos de la densidad reflejan generalmente áreas con suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal (Herrera, 1995).

### **Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)**

La frecuencia de drenaje indica la eficiencia hidrológica de una cuenca, a mayor número de corrientes, mayor frecuencia y mayor eficiencia de drenaje (Herrera, 1995).

$$Fc = \frac{Ntc}{Ak}$$

Donde:

Ntc = Número total de corrientes.

Ak = Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>



### 3.1.2.3 Aspectos de relieve

La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma de la misma. Numerosos parámetros para describir el relieve de una cuenca han sido desarrollados por varios autores.

La configuración topográfica de la cuenca es uno de los factores que determinan el hidrográma de una cuenca. En visita de que con el aumento de la pendiente crece también la velocidad del agua y con ello la capacidad de erosión, es necesario entonces buscar un coeficiente que caracterice el relieve de la cuenca.

Por lo tanto los aspectos de relieve, se refieren al comportamiento altitudinal tanto lineal y de superficie de la cuenca.

(Herrera 1995).

### **Pendiente media de la cuenca ( $S_c$ )**

Un primer parámetro que da una idea del relieve es su pendiente media. Esta es posible determinarla mediante un plano de curvas de nivel (a escala conveniente) de la cuenca, así como con la ayuda de un planímetro y un curvímetro.

Dada la variación considerable de la pendiente del terreno en una cuenca típica, es necesario definir un índice promedio que la represente, cuya precisión dependerá de la calidad del mapa utilizado. Este aspecto, tiene una relación importante con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea.

Existen dos métodos para calcular pendiente de la cuenca los cuales son:

- Método de Alvord
- Método de Horton

### A.1 MÉTODO DE ALVORD:

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

DONDE:

D = Diferencia Vertical entre curvas de nivel.

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

### A.2 MÉTODO DE HORTON:

Es el llamado Método de la Cuadrícula, donde se tiene que establecer una cuadrícula en el sentido "Y" y una en sentido "X", de la cuenca, ya que la pendiente de la cuenca es igual al promedio de las dos:

$$Sc = \frac{Sx + Sy}{2} \cdot 100\%$$

$$Sx = \frac{Nx \cdot D}{Lx} \quad Sy = \frac{Ny \cdot D}{Ly}$$

DONDE:

Nx = Número total de intersecciones en "x"

Ny = Número total de intersecciones en "y"

Lx = Longitud total de la cuadrícula "x"

Ly = Longitud total de la cuadrícula "y"

D = Intervalo entre curvas

Para partes planas "D = 6 a 12m", mientras que para partes con relieve fuerte "D = 30 a 150m".

Luego de haber calculado la pendiente media, es necesario transformar el valor de ésta en un símbolo, el cual va a formar parte también de la fórmula descriptiva de la cuenca. Para ello nos valemos de la siguiente tabla.

**Cuadro 3. Simbología utilizada para la caracterización del relieve.**

Pendientes medias	Relieve	Símbolo	Color
0 - 12%	Suave	P1	Amarillo
12 - 25%	Moderada	P2	Anaranjado
25 - 50%	Pronunciada	P3	Rosado
50 - 75%	Muy Pronunciada	P4	Marrón claro
Mayor de 75%	Escarpado	P5	Marrón oscuro

Fuente: Herrera, 1995.

### **Pendiente del canal ó cauce principal (Scp)**

La pendiente de una canal influye sobre la velocidad de flujo, y debe jugar un papel importante en la forma del hidrográma. Los perfiles típicos de los cauces naturales, son cóncavos hacia arriba; además, todas las cuencas, con excepción de las mas pequeñas, tienen varios canales cada uno con un perfil diferente. Por esta razón, la definición de la pendiente promedio de un cauce en una cuenca, es muy difícil. Por lo general solo se considera la pendiente del cauce principal (Herrera, 1995).

#### **b.1 Método analítico**

Se determina de acuerdo a las diferencias de altura entre curvas de nivel y la longitud del cauce principal (Herrera, 1995).

$$Scp = \frac{\Delta H * 100}{dH}$$

Donde:

$\Delta H$  = diferencia de nivel entre la curva más alta y la baja que toca el cauce principal.

dh = Longitud o distancia horizontal del cauce principal.

## b.2 Método gráfico

Por lo general para la pendiente equivalente del canal sólo se considera la pendiente del cauce principal; para lo cual hay que construir una gráfica que representa el perfil longitudinal del cauce principal para encontrar la pendiente del mismo Y esta gráfica se construye, colocando en el eje las abscisas la distancia horizontal y en el eje las ordenadas la elevación de la cuenca en metros sobre el nivel del mar (Herrera ,1995).

La forma más simple y más usada para medir la pendiente de un cauce principal, consiste en obtener la pendiente de una línea, A-B dibujada de modo que el área bajo ella y sobre la línea del perfil del cauce, sea igual al área bajo el perfil y sobre la línea A-B.

Taydor y Schwarz, utilizaron la pendiente de un canal uniforme de la misma longitud y distribución temporal del flujo que el cauce principal. Puesto que la velocidad es proporcional a la raíz cuadrada de la pendiente, este proceso equivale a ponderar segmentos del cauce de acuerdo con la raíz cuadrada de sus pendientes, lo cual da relativamente menor peso a las partes más pendientes de la zona alta del cauce. De acuerdo con esto, si el canal estuviese dividido en “n” partes iguales, cada uno con pendientes “Si”, un índice simple de la pendiente del cauce sería:

$$R_s = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}$$

DONDE:

$R_s$  = PENDIENTE DEL CANAL PRINCIPAL

$S_i$  = Pendiente

$n$  = Divisiones del canal

### **Elevación media de la cuenca (Em)**

Uno de los parámetros de mayor importancia de encontrar en la cuenca es la elevación Media de la cuenca, ya que da idea del grado de madurez de la misma.

Este aspecto relaciona también a la temperatura y la precipitación. A su vez la variación de la temperaturas influye en la variación de las pérdidas de agua por evaporación, y por está razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo la elevación media de la cuenca (Herrera, 1995).

#### **C.1 Método de la curva hipsométrica**

Este método es el que nos da para un punto determinado la repartición de la superficie de una cuenca, situada aguas arriba de ese punto, en función de la altura, para trazar esta curva, se coloca en las abcisas la superficie de la cuenca que se encuentra arriba de las cotas colocadas en las ordenadas.

La curva hipsométrica se construye midiendo con un planímetro polar el área entre contornos de un mapa topográfico y representando gráficamente el área acumulada por encima o debajo de una cierta elevación usando de preferencia porcentajes de área (Herrera, 1995).

Posteriormente, en el papel aritmético se colocan los porcentajes de área en el eje "X" y en el eje "Y" se colocan los valores de la elevación.

Para ello se usa un mapa topográfico con curvas de nivel definidas. Se marcan contornos de la cuenca con variaciones de elevación de 20 en 20 m, 50 en 50 m, 100 en 100 m o 200 en 200m, según la escala del mapa utilizado; y se mide el área entre estos contornos, y se calcula el porcentaje de esta área, con relación al área total de la cuenca. Estos resultados se llevan a un gráfico, que indica elevaciones contra el porcentaje por encima del límite inferior, el que recibe el nombre de "Curva Hipsométrica o Curva de Área-Elevación" (Herrera, 1995).

Además de la Elevación Media ( $E_m$ ), se deben establecer cuidadosamente las siguientes elevaciones:

Elevación máxima (máxima elevación dentro de la cuenca);

Elevación mínima (punto de aforo);

Elevación mediana 8 que se encuentra al 50% de la curva Hipsométrica de la cuenca);

Elevación máxima en el perímetro.

#### ALTURA MEDIA:

Es la abscisa media de la curva hipsométrica (50%). La abscisa media, es la abscisa que divide en dos partes iguales el área de la curva.

#### ALTURA DE FRECUENCIA MEDIA:

La curva Hipsométrica permite calcular la altura de Frecuencia media de la cuenca, ésta es definida como la altura correspondiente al punto de ordenada media de la curva hipsométrica. (Herrera, 1995).

#### C.2 MÉTODO DE LAS INTERSECCIONES:

Se realiza superponiendo una red de 100 o más intersecciones sobre la cuenca y midiendo el número de intersecciones de la red en cada rango de elevación, con lo cual es posible calcular la elevación de acuerdo a la fórmula:

$$E_m = \frac{[\sum E_j x I_j] + [\sum E_k x I_k] + \dots + [\sum E_n x I_n]}{n}$$

DONDE :

E = Elevación o altura sobre el nivel del mar

I = Número de intersecciones

n = número total de intersecciones

### 3.1.3 Balance hidrológico

La ecuación fundamental de la hidrología puede aplicarse al establecimiento del balance hidrológico de una región. Esta aplicación requiere la selección de un período de tiempo bien definido. De acuerdo al sistema hidrológico regional descrito anteriormente y al uso que se hace del agua en una región desarrollada, se pueden identificar los elementos del balance:

$$P + Q_a + Q_r - E - Q_e - D = +/-$$

Los términos de la ecuación son definidos en la Tabla 1, siendo así, que en general, los balances hidrológicos permiten calcular por diferencia uno de sus elementos, siendo los demás conocidos. Por eso es de interés analizar los elementos para determinar cómo se calculan o se pueden estimar en caso de que no se presten fácilmente a la medición.

(Herrera, 1995)

#### ELEMENTOS DE ENTRADA DEL BALANCE HIDROLOGICO:

##### a) Precipitación Pluvial (P)

La precipitación que figura en la ecuación, incluye sólo la lámina caída en la región bajo consideración. En general, es conocida y se mide fácilmente con pluviómetros y/o pluviógrafos. La lámina de precipitación puede ser calculada por el método de las curvas isoyetas o el de los polígonos de Thiessen. (Herrera, 1995)

##### b) Aportes de otras regiones (Qa)

Estos aportes incluyen el flujo superficial afluente (Qsa), el flujo subsuperficial afluente (Qba), y el flujo subterráneo afluente (Qwa). En términos matemáticos sería:

$$Q_a = Q_{sa} + Q_{ba} + Q_{wa}$$

### **- Flujo Superficial (Qa)**

El flujo superficial a su vez abarca el escurrimiento sobre el terreno ( $q_a$ ), la escorrentía en los ríos ( $Q_{ra}$ ), y las aguas de importación desde otra región ( $Q_i$ ). En otros términos:

$$Q_{sa} = q_a + Q_{ra} + Q_i$$

### **- Escurrimiento, $q_a$**

El escurrimiento está constituido por una lámina tenue de agua que fluye hacia la red de drenaje de la región. Esta lámina está presente solamente durante unos momentos después de una tormenta, una aplicación de riego o una inundación. Cuando los períodos involucrados en el balance son tan largos como una semana, un mes, un año o más, es costumbre no tomar en cuenta el escurrimiento, ya que esta agua ha alcanzado el lecho de un río. El escurrimiento se toma en cuenta cuando se trata de períodos de tiempo muy pequeños.

En la práctica no se mide el escurrimiento. Sin embargo, cuando su conocimiento es necesario para el balance hidrológico, se puede estimar por una de las fórmulas del flujo uniforme o por las ecuaciones del flujo inestable. (Herrera, 1995)

### **- Escorrentía en los ríos, $Q_{ra}$**

Generalmente se dispone de registros de escorrentía superficial en unos puntos de una región que constituye una estación de aforo. En puntos donde no hay una estación hidrométrica se puede hacer una estimación de la escorrentía por correlación con parámetros tales como la escorrentía en otros puntos de la región, la precipitación, etc.



### **- Aguas de Importación, $Q_i$**

Se puede fácilmente medir el agua importada desde otra región, pues los conductos en que fluye ésta tienen, en la mayoría de los casos, una forma geométrica bien definida.

### **- Flujo Subsuperficial ( $Q_{ba}$ )**

No existe ningún método satisfactorio para la medición del flujo subsuperficial. Sólo en los balances hidrológicos para tiempo muy corto se considera el flujo subsuperficial. A menudo se considera este flujo como parte del agua subterránea o parte del agua superficial y se hace su estimación como tal.

### **- Flujo Subterráneo ( $Q_{wa}$ )**

No se puede medir directamente el flujo subterráneo. Sin embargo, si se dispone de registros de piezómetros en la región y de datos acerca de los acuíferos, tales como su profundidad, su extensión, su permeabilidad, se puede estimar el flujo subterráneo mediante la aplicación de la fórmula de Darcy.

### **c) Aguas de Retorno ( $Q_r$ )**

A menudo las aguas de retorno son excluidas del balance hidrológico debido al hecho de son difíciles de medir y estimar. Cuando no se dispone de datos sobre las aguas de restitución, se supone que un tercio de las aguas potables y la mitad de las aguas industriales usadas en la región, regresan a los ríos, dentro de los límites de la región.

Las aguas agrícolas de restitución son calculadas en base a la eficiencia de riego, puesto que el porcentaje del agua de riego, que sirve para remediar el déficit de la humedad del suelo, puede definirse como la eficiencia de riego.

## **ELEMENTOS DE SALIDA DEL BALANCE HIDROLOGICO**

### **a) Evapotranspiración real (E)**

No es común encontrar registro de medición directa de la evapotranspiración real, que puede medirse mediante lisímetros o evapotranspirómetros.

Comunmente se utilizan para estimar la evapotranspiración, ecuaciones empíricas. Las más conocidas de estas ecuaciones son las de Thornthwaite, Penman y Blaney-Criddle.

( Herrera, 1995).

La evapotranspiración real depende de factores atmosféricos, hidrogeológicos, que controlan el estado de la superficie del suelo y en particular de la humedad del suelo. Puede variar de cero hasta la evapotranspiración potencial. A menudo esta relación se utiliza para estimar la evapotranspiración real. Más a menudo, se estima la evapotranspiración por diferencia haciendo uso del balance hidrológico de la región. En el establecimiento de balances para cuerpos de agua tales como lagos, embalses, ríos, se utiliza la evaporación.

### **b) Salidas hacia otras regiones (Qe)**

Las consideraciones que se hicieron para los aportes de otras regiones se aplican también a las salidas, Qe.

### **c) Derivación de agua (D)**

La derivación de agua de los ríos, embalses, lagos y acuíferos, se hace para la consumición doméstica, industrial o agrícola. Los requerimientos del agua potable están en función del nivel de vida y del número de habitantes. Se calculan multiplicando la consumición unitaria total por el número de habitantes. El consumo industrial depende del tipo de industria y crece

con un aumento en el nivel de desarrollo de la región. Es difícil hacer una estimación de las aguas industriales si no se saben los tipos de industria de que se trata. (Herrera , 1995)

El crecimiento continuo de la población crea la necesidad de aumentar la producción agrícola mediante riego, lo cual crea a su vez un aumento en necesidades de agua. A veces los requerimientos de riego se calculan como uso consuntivo mediante el procedimiento de desarrollo por Blaney y Criddle. Sin embargo, los cálculos de requerimientos de riego, basados en el balance hídrico del suelo, proporcionan una información más confiable.

### **CAMBIO EN LOS ALMACENAMIENTOS**

El cambio en los almacenamientos, ocurridos en el fin y el principio del período considerando, puede estimarse por la medición de los niveles de agua superficial y de las fluctuaciones de la napa freática.

Esta determinación, que supone el almacenamiento de humedad del suelo y de retención insignificante o invariable, conviene particularmente cuando se trata de períodos anuales o mayores. El almacenamiento de retención, que incluye el agua interceptadas por la vegetación y la que se queda en depresiones a la superficie del suelo, se toma en cuenta sólo cuando los períodos del tiempo son muy reducidos. A menudo, el almacenamiento de humedad del suelo se obtiene por diferencia, estableciendo el balance hídrico del suelo (Herrera, 1995).

#### **3.1.4 Análisis FODA**

El método general de planeamiento estratégico adoptado amplia y universalmente es el denominado Análisis FODA, que no es más que una forma estructurada de analizar los principales hechos y tendencias de la organización y elaborar un diagnóstico concreto de la realidad interna de la Institución y su relación con el medio externo en el cual se desenvuelve. De conformidad con este enfoque, la preparación de un plan estratégico, que básicamente consiste en la determinación de la visión, misión y los objetivos de

mediano y largo plazo, así como de las estrategias y cursos de acción necesarios para alcanzarlos, implica la identificación, por un lado, de las oportunidades y amenazas y, por otro, de las fortalezas y debilidades. Idealmente, los objetivos estratégicos estarán sustentados en las fortalezas de la organización y en la superación de sus debilidades, con el fin de aprovechar las oportunidades externas y neutralizar las amenazas (Avizora, 2007).

Ello tiene su origen en el hecho de que toda organización tiene fortalezas y debilidades, aunque ninguna tiene las mismas fuerzas y limitaciones que las demás. Las fortalezas y debilidades internas, sumadas a las oportunidades y amenazas externas, así como un enunciado claro de la misión y la visión, son la base para establecer objetivos y estrategias. Estas se establecen con la intención de capitalizar las fortalezas internas y superar las debilidades, tratando de aprovechar las oportunidades externas y conjurar las amenazas.

En el análisis FODA se consideran las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, pero en lugar de listarlos en términos de percepciones de los directivos, se busca efectuar un análisis más estructurado que se concrete en hallazgos que contribuyan a la formulación de la estrategia. El análisis FODA es una técnica que permite identificar y evaluar los factores positivos y negativos del “ambiente externo” y el “ambiente interno”, y adoptar decisiones sobre objetivos, cursos de acción y asignación de recursos sustentados en este análisis (Avizora, 2007).

Las **oportunidades** son situaciones o factores socioeconómicos, políticos o culturales que están fuera de nuestro control, cuya particularidad es que son factibles de ser aprovechados si se cumplen determinadas condiciones en el ámbito de la organización.

Las **amenazas** son aquellos factores externos que están fuera de nuestro control y que podrían perjudicar y/o limitar el desarrollo de la organización. Las amenazas son hechos ocurridos en el entorno que representan riesgos para la organización.

Las **fortalezas** son las capacidades humanas y materiales con las que cuenta la organización para adaptarse y aprovechar al máximo las ventajas que ofrece el entorno social y enfrentar con mayores posibilidades de éxito las posibles amenazas.

Las **debilidades** son las limitaciones o carencias de recursos, capacidades y habilidades que padece la organización, y que impiden el aprovechamiento de las oportunidades que ofrece el entorno social y que no le permiten defenderse de las amenazas.

#### Cuadro 4. FODA

<b>ANALISIS FODA</b>	
<p><b>F</b> FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Capacidades distintivas.</li> <li><input type="checkbox"/> Ventajas naturales.</li> <li><input type="checkbox"/> Recursos superiores.</li> </ul>	<p><b>O</b> OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Cambios en el entorno social, económico, político, tecnológico.</li> <li><input type="checkbox"/> Nuevas tecnologías y procesos productivos.</li> <li><input type="checkbox"/> Necesidades insatisfechas de los usuarios.</li> </ul>
<p><b>D</b> DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> “Talones de Aquiles”.</li> <li><input type="checkbox"/> Desventajas.</li> <li><input type="checkbox"/> Recursos y capacidades escasas.</li> </ul>	<p><b>A</b> AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Resistencia al cambio.</li> <li><input type="checkbox"/> Falta de interés o motivación de la población.</li> <li><input type="checkbox"/> Altos riesgos y grandes obstáculos.</li> </ul>

Fuente: Avizora, 2007

### 3.1.5 Escurrimiento superficial

#### 3.1.5.1 Origen del escurrimiento

Una vez el agua de lluvia llegue al suelo, la altura de precipitación “ h “, ocurrida en un tiempo “ t “, se distribuye, dependiendo la forma de distribución de las condiciones imperantes en el momento y sitio en que ocurre la lluvia (Rodríguez, 1981).

Una parte de la lluvia es interceptada por las plantas, otra se deposita en almacenes superficiales; una más se infiltra incrementando las corrientes subterráneas saturando primero el suelo y la parte restante escurre superficialmente hacia los cauces naturales de drenaje, formando así las corrientes, tomando en cuenta que el camino que sigue el agua para agregarse a las corrientes, el escurrimiento puede ser: superficial, subsuperficial o subterráneo (Rodríguez, 1981).

El escurrimiento superficial es el que viaja por la superficie del terreno hacia los cauces extendiéndose por casi cualquier depresión del terreno por la que puede fluir el agua (pudiendo tener longitud y una capacidad variable) durante y después de ocurrida precipitación. Si se toma en cuenta las depresiones en una cuenca son numerosas, se pueden observar que la distancia que tiene que recorrer el agua sobre la superficie es relativamente corta (Rodríguez, 1981).

El escurrimiento subsuperficial es la parte de la lluvia que se infiltra u que se mueve lateralmente por los estratos mas elevados hasta llegar al cauce, su movimiento es más lento que el superficial por lo que tarda más en llegar al cauce. La cantidad de escurrimiento superficial depende de las condiciones geológicas de la zona, las que pueden obligar al flujo a que aflore antes de llega al cauce y seguir por la superficie del terreno o bien a que se agregue al escurrimiento subterráneo (Rodríguez, 1981).

El escurrimiento subterráneo es el producto de la lluvia que infiltra hasta llegar a los niveles freáticos y viaja por este camino hasta enriquecer las corrientes superficiales, su movimiento es más lento que el superficial y subsuperficial (Rodríguez, 1981).

### **3.1.5.2 Escurrimiento directo y escurrimiento base**

El escurrimiento directo es el que se agrega a la corriente después de ocurrida la lluvia o tormenta y esta formada por la suma del escurrimiento superficial y el escurrimiento superficial inmediato mas la precipitación en el cauce o canal; por ser este una pequeña se le considera como parte integrante del escurrimiento superficial (Rodríguez, 1981).

El escurrimiento base o caudal de estiaje también conocido como gasto base se define. Como el escurrimiento lento y temporal que se compone del escurrimiento subterráneo y del escurrimiento superficial retrasado. Sin embargo y como se menciono anteriormente, en ciertos procedimientos de análisis del hidrograma gasto base se supone, ya sea incluyendo o excluyendo el total del escurrimiento superficial pero no una parte de el (Rodríguez, 1981).

### **3.1.5.3 Métodos de aforo de corrientes**

Los métodos prácticos de aplicación más frecuentes son:

- a. Método Volumétrico
- b. Medidor Parshall
- c. Método de Vertederos y orificios
- d. Método de Sección-Velocidad, calculando la velocidad con:
  - Flotador
  - Molinete
- e. - Otros métodos (Tubos de Pitot y Venturi, Balanza Hidrométrica, Métodos químicos y eléctricos).

#### **Método volumétrico**

Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de modo preciso. Consiste esencialmente en hacer desembocar la corriente en un depósito impermeable y cuyas pérdidas por evaporación y filtración puedan valorarse con certidumbre. La duración  $t$ , del tiempo de conservación debe ser, al menos de 20 segundos, para reducir el error  $\pm 1$  por 100. La diferencia de nivel observada en el tiempo  $t$ , debe ser al menos de 100 mm para reducir también este error a  $\pm 1$  por 100. La graduación de los depósitos pequeños y transportables debe hacerse por peso, con preferencia al empleo de fórmulas geométricas.

En forma general podemos indicar que el método de aforo volumétrico, consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene: (Herrera, 1995).

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \text{m}^3/\text{s} \text{ o } \text{L}/\text{s}$$

### **Medidor Parshall**

Este método consiste en realizar aforos de canales y pequeños ríos, se recomienda para canales de riego de poca pendiente, en drenes, donde no es conveniente instalar estructuras como vertederos que alteren el régimen del escurrimiento (Herrera Ibáñez 1995).

El medidor consta de tres partes fundamentales

- a. Transición de entrada: formada por dos muros convergentes apoyados en un piso a nivel.
- b. Garganta: formada por dos muros paralelos apoyados en un muro inclinado hacia aguas abajo, cuya intersección con el piso a nivel de la entrada forma la cresta del medidor.
- c. Transición de salida: formada por dos muros divergentes, apoyados en un piso inclinado hacia arriba.

### **Método de vertederos y orificios**

Consiste esencialmente en interponer un tabique ante una corriente de manera que se de una caída de agua que pase a través de una sección predeterminada. Conociendo las características del vertedero o del orificio que se engloban en el factor (determinado experimentalmente), la sección de la lámina de agua que pasa por ellos y la velocidad teórica de caída libre se obtiene de la forma siguiente (Herrera, 1995).

$$Q = \mu S \sqrt{2g h}$$

DONDE: Q, Gasto o caudal en m<sup>3</sup>/s



- $\mu$ , Factor experimental
- S, Sección laminar de agua
- g, Gravedad (aceleración)
- h, Diferencia de niveles.

### **Método de sección – velocidad**

En este método se determinan separadamente la sección transversal del cauce y la velocidad del agua; la sección se determina por medio de sondeos o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad por cualquiera de los métodos con molinete, flotador o pendiente hidráulica. (Herrera, 1995).

De tal manera que el caudal del río estará dado por:

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad media, en m}^3/\text{s}$$

El método para determinar el área de la sección, depende de las condiciones del cauce. Si el cauce es estable el área se determinará con nivel montado y estatal; determinando las áreas correspondientes a cada nivel del agua con el fin de obtener una tabla de altura de escala-áreas, para que al practicar aforos posteriores, únicamente sea determinada la velocidad media.

Para cauces variables donde el nivel de la corriente sufre cambios considerables mientras se hace el aforo, se recomienda medir sucesivamente las profundidades y la velocidades, conforme se avanza de un extremo a otro de la sección . (Herrera, 1995).

Para cauces variables donde el nivel del agua no sufre cambios apreciables durante el aforo, el área de la sección se determinará por medio de sondeos antes de medir las velocidades. Las varillas del molinete pueden utilizarse para determinar la profundidad de la corriente en la sección donde se quiere conocer el área. (Herrera ,1995).

**Cuadro 5. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.**

Ancho del cauce (m)		Espaciamiento (m)
DE:	A:	
0.00	1.00	0.20
1.00	2.00	0.25
2.00	4.00	0.50
4.00	8.00	1.00
8.00	15.00	1.50
15.00	25.00	3.00
25.00	50.00	3.00

Fuente: Herrera, 1995.

#### 3.1.5.4 Calidad del agua

Calidad de agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas del agua. Estas características están relacionadas al origen del agua, es decir, que el agua va a tener determinada calidad a partir de su origen (nacimiento, pozo, lluvia) o que puede variar de acuerdo a los lugares que recorra hasta antes de ser utilizada, ya que en estos puntos intermedios puede sufrir alteraciones en sus características debido a contaminación o bien a auto purificarse (Bendes 1984, citado por Yol 2002).

Por otra parte, la evolución de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, efectos humanos, usos propuestos, especialmente usos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993, citado por Córdoba 2002). Mendoza (1996), citado por Córdoba (2002), manifiesta que la calidad del agua se define como la característica del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso determinado, es decir, la relación entre la calidad del agua y las necesidades del usuario.

### 3.1.5.5 Contaminación del agua

Gallego (2000), citado por Meneses (2003), manifiesta que la contaminación está dada por la acción y el efecto de introducir materias o diversas formas de energía, o inducir condiciones en el agua, de manera directa o indirecta, dando lugar a una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función en un ecosistema.

Se distinguen dos tipos de contaminación, la de tipo puntual y las no puntuales. La contaminación de tipo puntual está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas receptoras, por ejemplo mediante cañerías de descargas, en las que se pueden fácilmente cuantificar y controlar (Ongley 1997, citado por Córdoba 2002). Entre ellas se mencionan: a) contaminación por actividades industriales y b) contaminación de origen doméstico. Por otra parte, según Villegas (1995), citado por Córdoba (2002), la contaminación no puntual o difusa es causada por fuentes difusas generalmente asociados con escorrentía agrícola, silvicultural y urbana. En términos prácticos, la contaminación difusa no se produce por la descarga desde un lugar único y específico, sino que generalmente resulta de la escorrentía, precipitación, percolación; la contaminación dispersa se presenta cuando la tasa a la cual los materiales contaminantes que entran en el cuerpo de agua o agua subterránea, exceden los niveles naturales. Este tipo de contaminación es difícil de identificar, medir y controlar.

En la mayor parte de los países, todos los tipos de prácticas agrícolas y formas de utilización de la tierra, incluidas las operaciones de alimentación animal (granjas de engorde), se consideran como fuentes no localizadas. Las características principales de las fuentes no localizadas son que responden a las condiciones hidrológicas, presentan dificultades para la medición o control directo (y por ello son difíciles de regular) y se concentran en las prácticas de ordenación de la tierra y otros afines. (Ongley 1997, citado por Córdoba 2002).

### 3.1.5.6 Definiciones

La comision guatemalteca de normas (COGUANOR, 2004) elaboro la norma NGO 29 001: 98, que es de cumplimiento nacional y que tiene por objeto fijar los valores de ciertas características para definir las calidad de agua potable, por tal razon es importante tener presente las siguientes definiciones:

- **Agua potable**, es aquella que por sus características de calidad especificadas, es adecuada para el consumo humano.
- **Límite máximo aceptable (LMA)**, es el valor de concentracion de cualquier característica de calidad de agua por encima de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, de una manera sensorial sin implicar un dano a la salud.
- **Límite máximo permisible (LMP)**, Es el valor de la concentracion de cualquier característica de calidad de agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para el consumo humano.
- **Características bacteriológicas**, Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad.
- **Grupo coliforme total**. Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con produccion de acido y de gas a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un periodo de 24 h. - 48 h. características cuando se investigan por el metodo de los tubos multiples de fermentacion. Para el caso de la determinacion del grupo coliforme total empleando el metodo de membrana de filtracion, se definira como todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metalico dorado en un medio tipo endo (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) despues de una incubacion de 24 h. a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- **Grupo coliforme fecal**. Son las bacterias que forman parte del grupo coniforme total, que fermentan la lactosa con produccion de gas a  $44\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un periodo de 24 h.  $\pm$  2 h. Cuando se investigan por el metodo de los tubos multiples de fermentacion. En el metodo de filtracion en membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubacion de  $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en u n periodo de 24 h.  $\pm$  2 h. Al grupo coliforme fecal tambien se le designa como termotolerante o termo resistente.

- **Escherichia coli**, Son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44 °C o 44.5 °C con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptofano.

3.1.5.7 Características y especificaciones físicas y químicas (COGUANOR NGO 29 001:98)

#### a. Características físicas para agua potable

En el cuadro 6 se muestran las características físicas de calidad de agua:

**Cuadro 6. Características sensoriales. Límite Máximo Aceptable (LMA) y Límite Máximo Permissible (LMP) que debe tener el agua potable.**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Color	5.0 u	35.0 u <sup>(1)</sup>
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT <sup>(2)</sup>

Fuente: Comisión guatemalteca de normas (COGUANOR). 2004 (1): Unidad de color en la escala de platino-cobalto., <sup>(2)</sup> : unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

**Conductividad eléctrica:** deberá tener una conductividad eléctrica de 100 a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C.

#### b. Características químicas del agua potable:

Aquellas características que afectan la potabilidad del agua que se presentan a continuación:

**Agua clorada.** La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria segura, potable. La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en el cuadro 5 se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual que es aquella porción del cloro residual total que este "libre" y que sirva como medida de capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o por ruptura de las mismas que pueda producir cierta contaminación microbiológica.

**Cuadro 7. Sustancias químicas, con sus correspondientes Límites Máximos Aceptables y Límites Máximos Permisibles.**

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre <sup>(1)(2)</sup>	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	----	< de 1,500
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	100.000 mg/L	500,000 mg/L
Potencial de hidrógeno <sup>(3)</sup>	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos Totales disueltos	500.0 mg/L	1000.0 mg/L
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0-25.0 C	34.0
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

Fuente: Comisión guatemalteca de normas (COGUANOR). 2004

<sup>(1)</sup>: El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de Escherichia coli y ciertos virus.

<sup>(2)</sup>: En aquellas ocasiones en que amanecen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

<sup>(3)</sup>: En unidades de pH.

**Cuadro 8. Sustancias no deseadas. LMA y LMP.**

Característica	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Hierro (Fe)	0.100	1.000
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	---	40

Fuente: Comisión guatemalteca de normas (COGUANOR). 2004

### **3.1.5.7 Características bacteriológicas**

En lo referente al análisis bacteriológico, la norma COGUANOR NGO 29 001:98, establece que el agua es potable si cumple con las siguientes condiciones:

- Método de la membrana de filtración, el volumen de muestra de agua a utilizar con la membrana de filtración es de 100 ml. Se acepta como límite una colonia de coliformes totales y ausencia de *Escherichia coli* en 100 ml.
- Menos de 2.2 organismos coliformes en 100 ml de muestra, definiéndose como organismos de los grupos coliformes a todos los bacilos aeróbicos o anaeróbicos facultativos no esporógenos, gram positivos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas.
- Menos de 200 colonias bacterianas por ml de la muestra, en la placa agar incubada a 20 y 35 °C por 24 h.

Las características bacteriológicas que se deben de determinar son los siguientes:

bacterias totales, coliformes totales, coliformes fecales y *E. coli*. Entre los coliformes totales se encuentra *E. coli*, la cual tiene un origen específicamente fecal, y rara vez esta presente en el suelo o en la vegetación. Por lo que su presencia es un indicativo de que existe contaminación fecal en el agua.

### **3.1.6 Sistemas de Información Geográfica y funcionamiento de un SIG**

#### **3.1.6.1 Sistemas de información geográfica**

Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Geotecnologías, 2010).

### **3.1.6.2 Funcionamiento Sistemas de información geográfica**

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma (Geotecnologías, 2010).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 Antecedentes**

Las microcuencas de Río Pansalic y Pancochá comprenden una de las microcuencas que conforma la cordillera Alux, y se encuentra dentro de las cuencas de Río María linda, encontrándose de carácter protegido siendo el Consejo Nacional de Áreas Protegidas la encargada de administrar y manejar adecuadamente el área (CONAP, 2008).

### **3.2.2 Descripción del área de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá**

#### **3.2.2.1 Ubicación y posición geográfica**

Las microcuencas del Río Pansalic y Pancochá se encuentran ubicada en el municipio de Mixco, Guatemala, con un área de 9.51 km<sup>2</sup> las cuales se encuentran ubicadas en las coordenadas del Sistema Universal Transverse Mercator –UTM- 1,619,640 a 1,622,373 Norte y 750675 a 757476 Oeste (ver figura 7).



### **3.2.2.2 Vías de acceso**

La principal vía de acceso para llegar a las microcuencas de Rió Pansalic y Pancochá es la carretera interamericana CA-1, a partir del kilómetro 17.5 hasta el kilómetro 27.5, municipio de Mixco.

Dentro del área de estudio se determino que existe una red vial que comunica a los diferentes poblados esta es transitable en todo época (CONAP 2008).

### **3.2.3 Centros poblados**

En la microcuencas, se localizan los siguientes poblados: Los Celajes. La Maravilla, El Manzanillo, Pacul, San Ignacio, El Roconal y Pachali. (CONAP 2008).

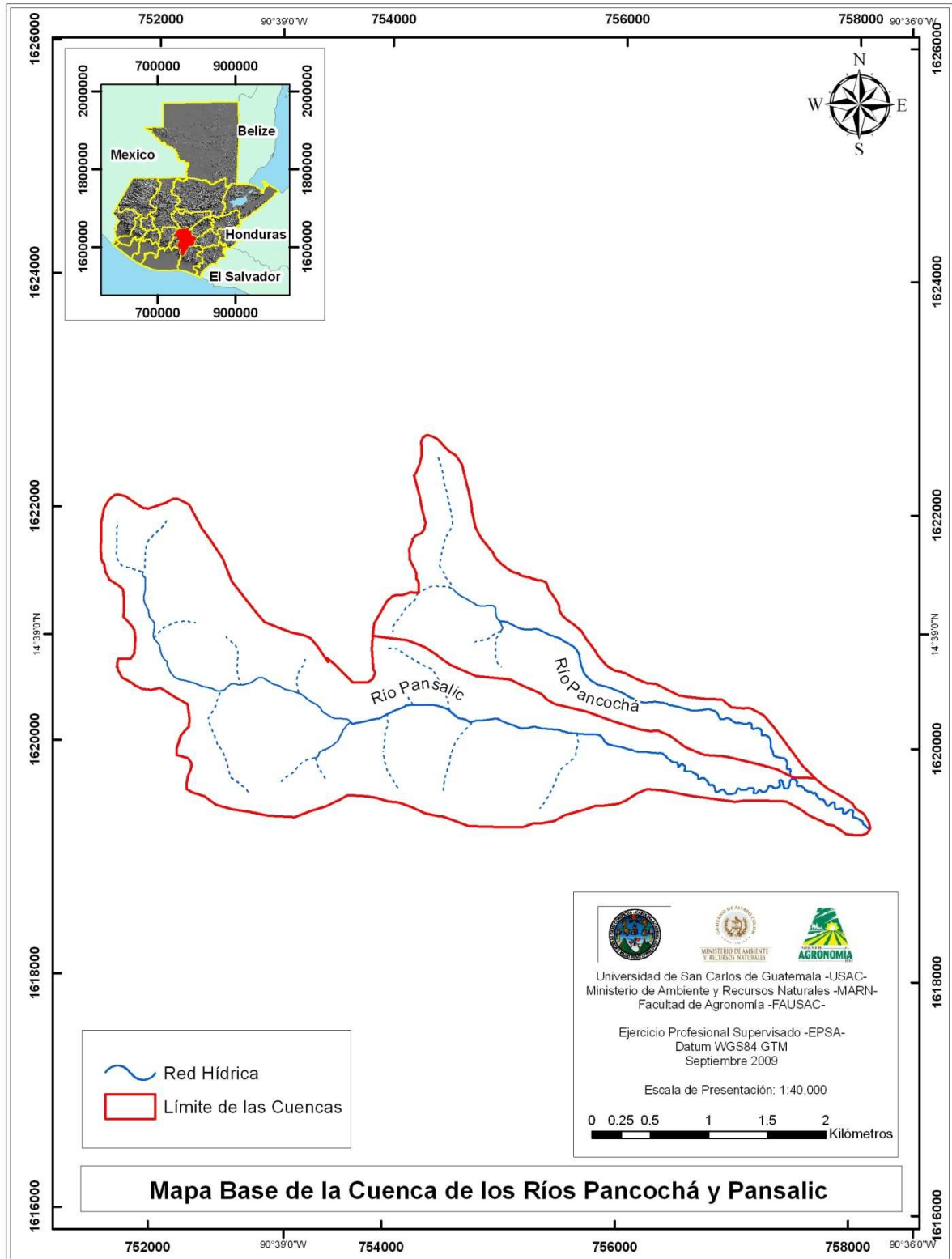


Figura 7. Ubicación geográfica de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá

### **3.2.4 Aspectos biofísicos**

#### **3.2.4.1 Zonas de vida**

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Guatemala (De la Cruz, 1982), las microcuencas corresponden al Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bh-Mb). Las principales especies indicadoras de esta zona de vida son los Encinos (*Quercus conspersa*, *Quercus tristisaa*, *Quercus brachistachys*), asociados generalmente con algunas especies de Pino (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus maximinoi*), razón por la cual se denominan “Bosques de Pino-Encino” (CONAP.2008).

#### **3.2.4.2 Hidrografía**

El cauce principal de la microcuenca es el Río Pansalic que se une al Río Pancochá, para formar El Rio Molino. Dichas microcuencas pertenece, a las subcuenca del Río Villa Lobos, cuenca del Rio María Linda, que pertenece a la vertiente del pacifico (CONAP 2006).

#### **3.2.4.3 Fisiografía y geomorfología**

Los suelos de las microcuencas Pansalic y Pancochá, se ubican dentro de la región fisiográfica Tierras Altas Volcánicas y la Subregión Montañosa y Planicie Central. Las Tierras Altas Volcánicas se caracterizan por encontrarse cubiertas de basalto y riolitas, las cuales se desarrollaron sobre el basamento cristalino y sedimentario, que se encuentra hacia el norte del valle hendido (graben), en que está localizada la ciudad de Guatemala (CONAP 2006).

La Subregión Montañosa y Planicie Central, se caracteriza por presentar un drenaje tipo dendrítico, subdendrítico, paralelo, subparalelo, trellis y trezado. Dado que el área se desarrollo en un ambiente volcánico, los materiales geológicos que se observan son rocas volcánicas, andesitas y basaltos, flujos riolíticos (obsidianas y perlitas); materiales aluviales, sedimentos fluvio-lacustres, lahares y ceniza volcánica (CONAP 2008).

### 3.2.4.4 Geología

Los suelos de la microcuencas Pansalic y Pancochá, pertenecen predominantemente al período Terciario, con una edad que va desde los 66.4 millones de años hasta los 1.8 millones de años, mientras en menor porcentaje, se encuentran los suelos del período Cuaternario, los cuales tienen una edad cercana a los 2 millones de años. En el cuadro 1, se presentan las características de los suelos de estos dos períodos, los cuales presentan Rocas Ígneas-- y Metamórficas, como resultado de la intensa actividad volcánica que se desarrolla en Guatemala. Todo este material superficial descansa sobre material calizo y metamórfico muy antiguo, que permite que los suelos sean muy similares, desde el punto de vista hidrológico, ya que poseen la misma permeabilidad y conductividad hídrica (CONAP 2008).

**Cuadro 9. Características de los suelos de estos dos períodos**

PERÍODO	EDAD (MILLONES DE AÑOS)	CARACTERÍSTICAS	EXTENSIÓN (HA)	%
Terciario	66.4 a 1.8	Rocas ígneas y metamórficas. Rocas volcánicas sin dividir. Predominantemente Mio-Plioceno. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico, y sedimentos volcánicos	546	87.38
Cuaternario	2	Rocas ígneas y metamórficas. Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso.	3,976	12.62

### 3.2.4.5 Serie de suelos

Según Simmons, Tárano y Pinto, 1959 los suelos de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá, de acuerdo a la Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, pertenecen a los suelos de la Altiplanicie Central y al subgrupo de suelos profundos sobre materiales volcánicos a mediana altitud. A nivel de serie, pertenecen a la serie "Cauque", los cuales se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea firme y gruesa. Los relieves se caracterizan por ser escarpados en combinación con superficies onduladas y casi planas.

El suelo superficial a una profundidad de 15 centímetros es franco o franco-arcillo-arenoso, friable de color café oscuro, con un alto contenido de humus y estructura granular fina. A profundidades de 50 centímetros hasta más de un metro, la estructura es granular suave y con un valor de pH de 6.0. El material parental es pómez gruesa cementada, de color casi blanco; en algunos lugares se encuentra sin descomponer y en otros, está intemperizada a más de tres metros de profundidad. (ver figura 8)

La textura franco arcillo-arenosa y la estructura de bloques, contribuyen a que estos suelos presenten buenas condiciones de drenaje y permitan una buena infiltración, situación que favorece la percolación hacia los mantos acuíferos (SIMMONS, C; Tárano 1959).

### Taxonomía de suelos

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá, pertenecen al orden Inceptisoles y pequeñas áreas de suelos corresponden al orden de los Entisoles (CONAP 2008)

**El orden Inceptisol**, se caracteriza por ser un suelo joven, sin fuerte desarrollo ubicado en áreas con pendientes onduladas a moderadas, con cobertura forestal mixta y latifoliada.

**EL orden Entisol**, presenta poco desarrollo debido a condiciones de pendientes ligeramente inclinadas a fuertemente inclinadas que inciden en la erosión de los suelos u por ello son los menos apropiados para actividades agrícolas y entre sus limitaciones esta la poca profundidad efectiva, la pedregosidad interna y los afloramientos rocosos. Se recomienda para producción forestal o sistemas agroforestales.

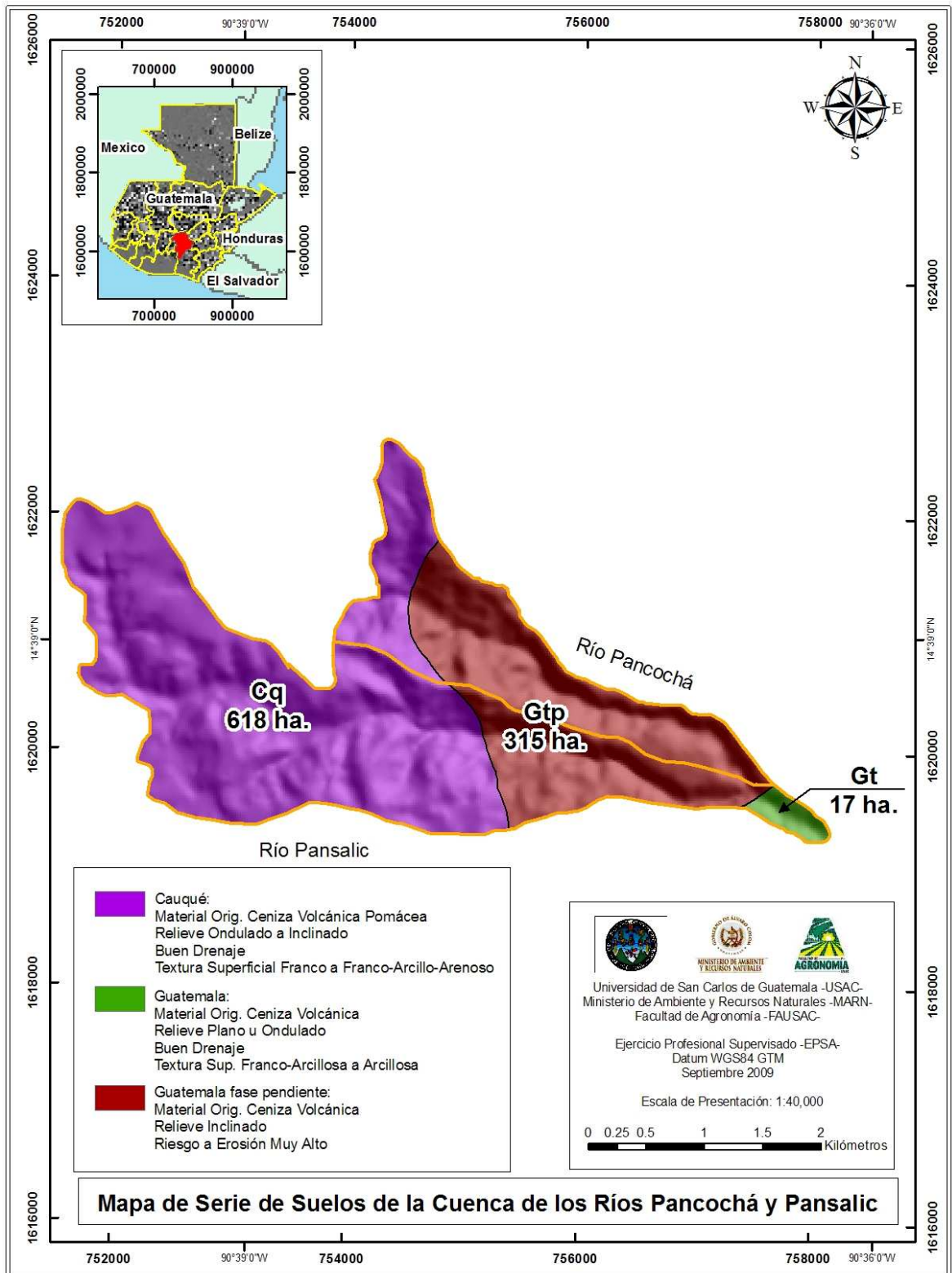


Figura 8. Mapa de serie de suelos de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá

#### 3.2.4.6 Uso de la tierra

De acuerdo al análisis realizado, la categoría de uso de la tierra de mayor extensión dentro de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, es la de bosque mixto, la cual abarca una superficie de 701 hectáreas que equivalen al 73.71 %, las especies mas representativas son *Pinus oocarpa*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*, *Cupressus Lusitánica*, *Quercus acatenanguensis* y *Quercus brachystachys*, Otra categoría de mayor representación dentro de la microcuencas son los claros aéreas sin cobertura que ocupa una extensión de 209 hectáreas que equivalen al 21.97 % del área, otra categoría es la de matorral o monte bajo, la cual ocupa una extensión de 28 hectáreas que equivalen al 2.94 % del área, y con 12 hectáreas esta el área densamente edificada con 1.26 % del área.



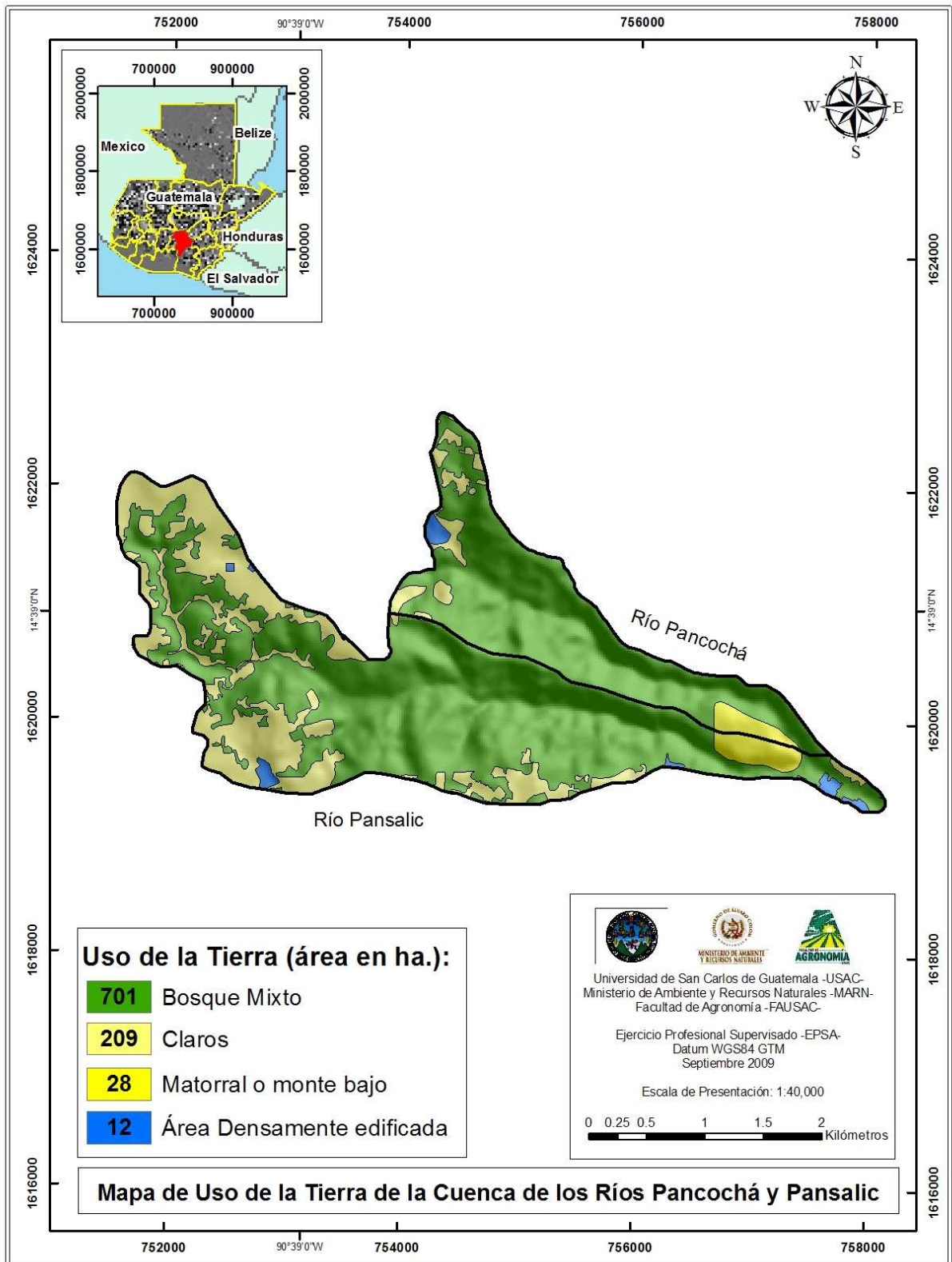


Figura 9. Mapa de uso de la tierra de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los aspectos morfométricos, cantidad y calidad del agua superficial y establecer los lineamientos de manejo de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, Mixco, Guatemala.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los aspectos morfométricos de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá Mixco, Guatemala.
- Realizar el balance hidrológico de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá Mixco, Guatemala.
- Determinar las características físico-químicas y bacteriológicas del agua durante la época de estiaje de los principales nacimientos de agua de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá Mixco, Guatemala.
- Establecer los lineamientos de manejo del área, de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

## **5. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para la elaboración del presente estudio, consta de tres fases: Preliminar, De campo y final de Gabinete.

### **5.1 FASE PRELIMINAR (fase de gabinete)**

#### **5.1.1 Recopilación de información básica:**

Consistió en el desarrollo de las siguientes actividades:

Recolección y ordenamiento de información sobre recursos naturales, aspectos socioeconómicos, informes de suelos, recursos hídricos, caracterizaciones y plan maestro, estudios relacionados al tema de investigación: como geología, hidrología, principalmente.

Consulta de los siguientes mapas temáticos de la república de Guatemala: series de suelos, clasificación taxonómica de suelos, zonas de vidas, cuencas hidrográficas, climatológicos, fisiográfico-geomorfológico, cobertura y/o uso de la tierra.

Consulta a las instituciones que trabajan dentro del área.

#### **5.1.2 Elaboración de mapas**

Se elaboraron y editaron los mapas de ubicación geográfica, zonas de vida, serie de suelos, uso de la tierra, utilizando el software Arc Gis versión 9.2

#### **5.1.3 Caracterización morfométrica**

Se utilizó la siguiente metodología.

##### **5.1.3.1 Trazo de las microcuencas**

###### **Delimitación de la microcuencas**

La delimitación de las microcuencas se realizó con el shape del modelo de elevación digital y el shape de curvas a nivel, las cuales nos sirvieron para identificar las partes más baja y alta de las microcuencas, todo esto se realizó con el programa Arc Gis versión 9.2

### Identificación de corrientes

Las corrientes permanentes e intermitentes aparecen señaladas en el mapa, en tanto las efímeras no, por eso se utilizó el shape de modelo de elevación digital y el shape de curvas para ver el comportamiento de las mismas.

#### 5.1.3.2 Determinación de aspectos lineales de las microcuencas.

**Perímetro de las microcuencas:** La longitud del perímetro de las microcuencas se realizó con el programa Arc Gis 9.3.

**Orden de corrientes:** El orden de las corrientes se definió de acuerdo al número de ramificaciones que presentó la red hidrológica de las microcuencas.

**Gráfica log Nu Vrs u:** Con la ayuda del programa de Microsoft Office Excel, se ploteó colocando en el eje de las abscisas "u" y en el de las ordenadas "Log Nu". El gráfico, tiene que coincidir con una recta, de sentido negativo, si no es así, quiere decir que no se dio un buen conteo de orden de corrientes.

**Radio de bifurcación medio:** Se determinó mediante la aplicación de la siguiente ecuación.

$$Rb = \frac{Nu}{N(U+1)} \text{ Siendo; } Rb = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Rbi}{n}$$

Donde:

**Nu** = número de corrientes de orden u. y

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

i = número de relaciones. i = 1...n

**Longitud media de corrientes (Lū):** Se aplicó la siguiente ecuación para poder determinarla.

$$L\bar{u} = (\text{longitud acumulada de corrientes de orden } u / Nu)$$

**Grafica log  $L\bar{u}$  vs.  $U$ :** Con la ayuda del programa de Microsoft Office Excel. Se colocó en el eje las abscisas  $u$  (orden de corrientes) y en el eje de las ordenadas Logaritmo  $L\bar{u}$  (Longitud media de corrientes).

**Radio de longitud medio ( $R\bar{L}$ ):** Se calculó con la siguiente ecuación:

$$R\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (L\bar{u}_i / L(\bar{u} - 1) * i)}{n}$$

**Longitud acumulada de corrientes ( $La$ ):** Se calculó con la siguiente ecuación:

$$La = \sum_{i=1}^{i=n} L\bar{u}_i * Nu$$

### 5.1.3.3 Determinación de aspectos de superficie

**Área de las microcuencas ( $Ak$ ):** El cálculo del área de las microcuencas, se realizó mediante la utilización del programa Arc gis 9.3, la cual se calculó en hectáreas (ha) y kilómetros cuadrados ( $Km^2$ ).

#### Forma de las microcuencas

##### b.1 Relación de forma ( $Rf$ ):

$$Rf = \frac{Ak}{Lc^2} \text{ donde:}$$

**$Ak$**  = área de la microcuencas en estudio.

**$Lc$**  = longitud del cauce principal, medida desde el nacimiento del cauce hasta el Punto de aforo.

##### b.2 Relación circular ( $Rc$ )

$$Rc = \frac{Ak}{Ac} \text{ Donde: } \mathbf{Ac} = \text{área de un círculo de perímetro igual al de la cuenca.}$$

##### Radio de elongación ( $Re$ ):

$$Re = \frac{\Phi CA}{Lc} \text{ Donde:}$$

$\emptyset CA$  = Diámetro de un círculo de área igual al de la cuenca.

$Lc$  = Longitud del cauce principal.

#### Densidad de drenaje (D):

$$D = \frac{La}{Ak} = Km / Km^2 \quad \text{Donde:}$$

$La$  = longitud acumulada de las corrientes

$Ak$  = Área de la cuenca.

#### Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)

$$Fc = \frac{Ntc}{Ak} \quad \text{Donde: NTC = Número total de corrientes.}$$

#### 5.1.3.4 Aspectos de relieve

**Pendiente media de la cuenca (sc):** Se determino con el método de Alvord.

$$Sc = \frac{D * L}{Ak} \quad \text{Donde:}$$

$D$  = Diferencia vertical entre curvas de nivel

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

**Pendiente del canal o cauce principal ( Sc ) :** Se calculo con el método analítico para la determinación de la pendiente

$$Scp = \frac{\Delta H * 100}{dH} \quad \text{Donde:}$$

$\Delta H$  = diferencia de nivel entre la curva más alta y la baja que toca el cauce principal.

$dH$  = Longitud o distancia horizontal del cauce principal.

**Elevación media de la cuenca (Em):** Se determino mediante el método de la curva hipsométrica. La curva hipsométrica se construyo determinado el área entre contornos de curvas a nivel a cada 100 m, por medio del programa Arc Gis 9.3, después con el programa Microsoft Office Excel, se realizo una grafica donde se plotearon los porcentajes de área en el eje "X" y en el eje "Y" se plotearon los valores de la elevación.

**Coefficiente de relieve (Rh):** Se determino mediante la utilización de la siguiente formula:

$$Rh = \frac{\Delta h}{100 * Ltc} \text{ donde:}$$

**Δh=** Diferencia de elevación entre el punto correspondiente a la estación de aforo y el punto mas alto en el perímetro de la cuenca

**Ltc=** Longitud total de las curvas dentro de la cuenca.

**e. coeficientes de robustez: (Rr)**

$$Rr = \frac{\Delta h \times D}{1000}$$

DONDE:

D = Intervalo entre curvas de nivel

#### 5.1.4 Lineamientos de manejo del área por análisis FODA

La priorización permitió identificar los recursos más relevantes. Para esto fue necesario identificar aquellos que están seriamente dañados y los que se presentan como oportunidades relevantes, esta matriz se elaboró con la ayuda de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES) y del diagnóstico realizado del área.

Se utilizó una matriz que permitiera la distribución de la información tomando como base el FODA (biofísico, Político).

Fortalezas y debilidades. Se analizaron las fortalezas, es decir, los aspectos positivos de los recursos; y las debilidades, que se refieren a los aspectos en los cuales los recursos de la comunidad están amenazados.

Oportunidades y amenazas Se analizaron las oportunidades; es decir, los aspectos positivos que están en las microcuencas y que permitirán aprovechar los recursos para

disminuir los riesgos. Se identificaron las amenazas, que son las situaciones que ponen en riesgo los recursos.

### 5.1.5 Información climática

Se recopiló información climática, de precipitación, temperatura de las estaciones meteorológicas de Suiza Contenta a 2,102 msnm y la del INSIVUMEH central a 1,502 metros msnm.

### 5.1.6 Ubicación de puntos de muestreo

#### 5.1.6.1 Ubicación de puntos de aforo.

Estos se realizaron en tres puntos (ver figura 10), los cuales se ubicaron con la ayuda de la hoja cartográfica de Guatemala, Los puntos de aforo se ubicaron de acuerdo a la accesibilidad del área, los lugares para el aforo, se muestra en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Ubicación de puntos de muestreo de aforos en las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, Mixco.**

Ubicación	Coordenadas UTM	
	X	Y
Río Pancochá	757.176	1.619.650
Río Pansalic	757.189	1.620.137
Unión del Río Pansalic y Pancochá	757.600	1.619.611

Fuente: elaboración propia



### 5.1.6.2 Ubicación de muestreo de calidad de agua y aforo de nacimientos.

Los lugares de muestreo de agua y aforo se realizaron en tres puntos, uno en la parte baja de las microcuencas y los otros dos en la parte media alta de las microcuencas, Estos puntos fueron tomados de acuerdo a disponibilidad de recursos y acceso, como se muestra en el cuadro 11.

**Cuadro 11. Ubicación de puntos de muestreo de calidad en las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, Mixco.**

Ubicación	Coordenadas UTM	
	X	Y
Nacimiento Pansalic	757.327	1.619.671
Nacimiento Finca San Jerónimo	755.700	1.619.908
Nacimiento Cascada Pansalic	753.293	1.620.402

Fuente: elaboración propia

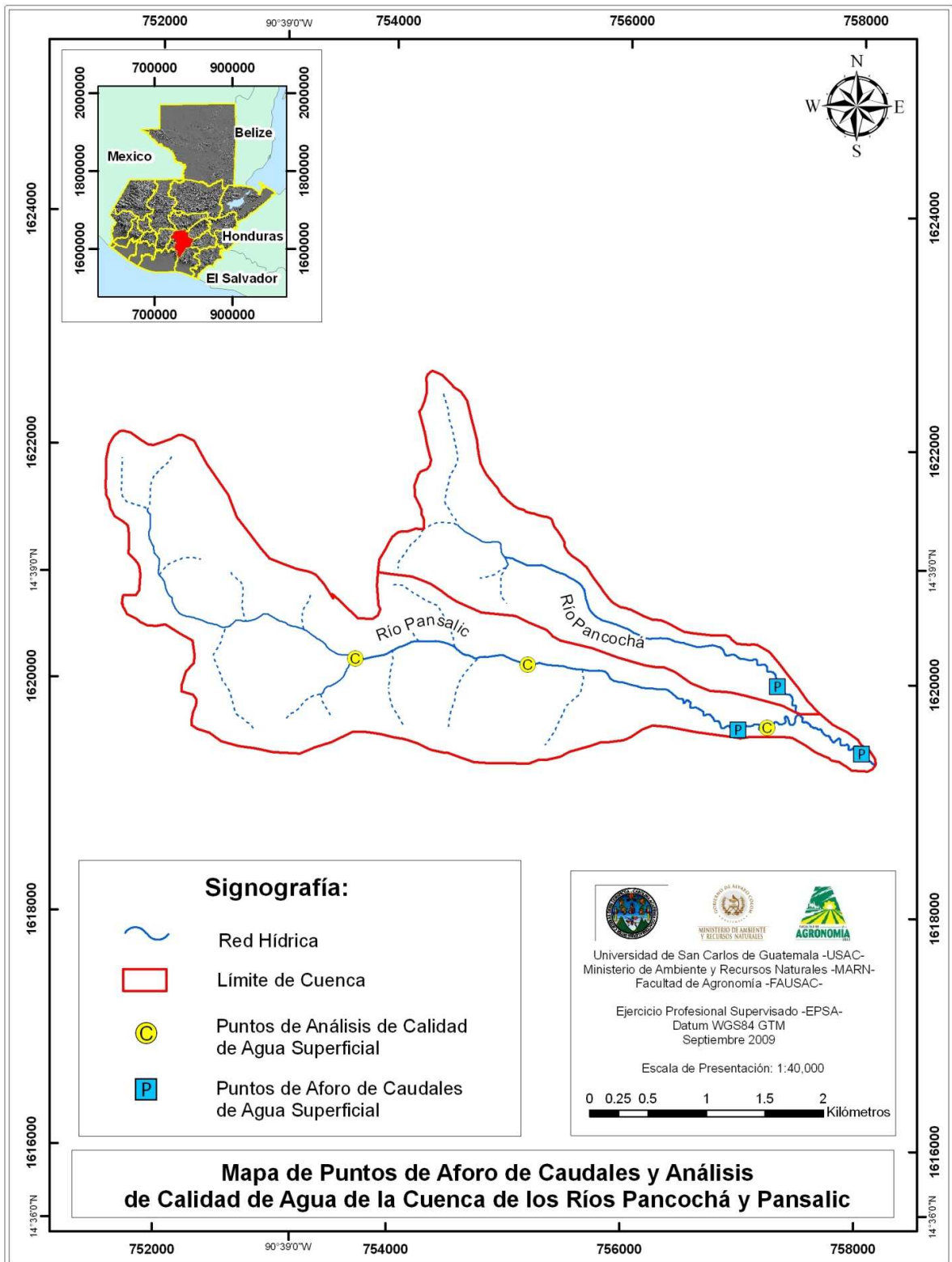


Figura 10. Mapa de puntos de aforo de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá

## **5.2 FASE DE CAMPO**

### **5.2.1 Verificación de mapas preliminares**

Se comprobó la información de los mapas mediante un caminamiento en las microcuencas.

### **5.2.2 Generación de información climática**

Se monitorearon en forma diaria las estaciones meteorológicas de las microcuencas ubicadas en la parte baja (1,502 msnm) y parte media alta (2,102 msnm) de la misma tomando los datos de precipitación y temperaturas, en el periodo de mayo 2009 a abril de 2010.

### **5.2.3 Taller para establecer la lluvia de ideas**

Se realizó una reunión didáctica con COCODES y comunitarios dentro del área para la elaboración de la lluvia de ideas para la elaboración del análisis FODA.

### **5.2.4 Realización de aforos**

El método de aforo para calcular el caudal de los ríos, fue sección velocidad, por medio de flotadores, en este caso se utilizaron bolitas de ping pong, de color blanco. Para el cálculo de la velocidad media, se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_m = 0.9 \cdot V_s.$$

Donde:  $V_m$  = Velocidad media.  $V_s$  = Velocidad Superficial

### **5.2.5 Unidad móvil para muestreo de la calidad del agua.**

Se tomaron muestras de agua en envases de plástico de 1000 cc. debidamente identificados con el nombre del punto de muestreo para trasladarlos en una hielera a temperatura baja al Laboratorio Nacional de Salud, para realizarle los análisis químicos, tales como fosfatos, nitritos, nitratos, DBO y DQO. Los análisis fisicoquímicos tales como potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto se realizó directamente en el campo con la ayuda de un equipo portátil que se encuentra dentro de la unidad móvil en (ver figura 5). Los análisis bacteriológicos se determinaron también en el Laboratorio Nacional de Salud tomando muestras en embases de vidrio esterilizados de

1000cc para trasladarlos en una hielera a temperatura baja. En el cuadro 12, se muestran los parámetros fisicoquímicos y biológicos tomados en las muestras de agua.

Los análisis fueron realizados en época de estiaje.



**Figura 11. Laboratorio móvil de análisis de Agua Recursos Hídricos y Cuencas Hidrográficas**

**Cuadro 12. Parámetro de análisis fisicoquímicos y biológicos a realizar, para la calidad de agua.**

Análisis	Parámetro	Unidad
Físico	Sabor	---
	Olor	---
	Turbidez	---
	Color	---
	Temperatura	°C
	Conductividad eléctrica	µS/cm
	Oxígeno disuelto	mg/L
	Sólidos disueltos	mg/L
Químico	pH	Un
	fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg/L
	Nitrito	mg/L
	Nitrato	mg/L
Biológico	Coliformes Totales NMP/100ml	NMP/100ml
	Coliformes Fecales NMP/100ml	NMP/100ml
	Escherichia Coli	--

### 5.3 FASE DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 5.3.1 Balance hidrológico de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

Consistió en la realización del análisis de la información recopilada en la fase de gabinete inicial y generado en la fase de campo.

Para el cálculo del balance hidrológico se utilizó la precipitación pluvial, evapotranspiración, caudales de los ríos. Utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Entradas} - \text{salidas} = \pm \text{Cambio en el almacenamiento}$$

En donde las entradas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá consisten en la precipitación pluvial, y las salidas están determinadas por el flujo de los ríos en los puntos de aforo y por la evapotranspiración.

### **Determinación de la precipitación media**

La determinación de la precipitación se realizó en base a la tabulación de los registros de precipitación diaria que se obtuvieron en la estación meteorológica de Suiza Contenta y la del INSIVUMEH. Ubicadas a una altitud de 2,102 y 1,502 metros SNM. Con los datos de los registros de precipitación de la estación, se determinó el valor de precipitación media mensual y media anual, mientras que su área de influencia se determinó a través de la realización de Isoyetas.

### **Determinación de la evapotranspiración (método Hargreaves)**

Se tabularon los datos de temperatura máxima, mínima y mensual, de cada una de las estaciones de la microcuencas. Luego se calculó la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Hargreaves, por ser este uno de los métodos más prácticos y confiables y la fórmula fue generada para la región de Centroamérica. La ecuación del método es la siguiente:

$$ETP: 0.0075 \cdot TMF \cdot RSM, \text{ mm/mes}$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración en mm./mes

TFM: Temperatura media mensual

RSM: Radiación solar incidente mensual

Donde:

$$RSM: 0.075 \cdot RMM \cdot S^{1/2}$$

Donde:

RMM: Radiación mensual extraterrestre (mm./mes)

RMM: RS \* No. De días del mes

RS: Radiación solar extraterrestre (mm/día) (cuadro)

**Cuadro 13. Valores medios mensuales de radiación extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día**

Latitud	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
15		11.29	13.51	14.83	15.77	16.02	16.00	16.02	15.93	15.33	14.07	12.66	11.99

S: duración máxima media diaria de horas de brillo solar en % (cuadro)

S:  $K_s x (100 - HR)^{1/2}$  (con dato de humedad relativa)

Ks: constante igual a 12.5

HR: Humedad relativa media en %

**Cuadro 14. Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes latitudes**

Latitud	Norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
15		11.3	11.6	12.00	12.5	12.8	13.00	12.09	12.06	12.2	11.8	11.4	11.2

### 5.3.2 Integración de la información

En esta fase se ordenó la información recopilada y verificada tanto en la fase preliminar de gabinete como la información que se recopiló en campo.

#### 5.3.2.1 Elaboración de cuadros de resultados de la caracterización morfométrica.

Se elaboraron cuadros con aspectos lineales, de superficie y relieve.

#### 5.3.2.2 Realización del hidrograma de acuerdo a los caudales mensuales.

Con la ayuda del programa Microsoft office se elaboró la gráfica de caudales medio mensuales en el eje de las "x" los meses y en el eje de las "Y" el caudal.

#### 5.3.2.3 Elaboración del balance hidrológico de la microcuencas.

Para su elaboración se ordenó la información de precipitación, evapotranspiración, caudales de los ríos. Para así poder aplicar la ecuación y conocer el almacenaje.

#### **5.3.2.4 Elaboración de mapas.**

Con la visitas de campo e información de gabinete se procedió a elaborar los siguientes mapas: base, ubicación de puntos de aforo, hidrológico, isoyetas, isoplopetas, isotermas.

#### **5.3.3 Análisis y procesamiento de resultados**

Posterior a la integración de la información, se procedió a realizar un análisis y se proceso los resultados, tanto los determinados en gabinete, como los determinados y actualizados en campo.

#### **5.3.4 Elaboración del documento final.**

Luego de la integración, análisis y procesamiento de la información se procedió a la realización del documento de investigación de la microcuencas Río Pansalic y Pancochá, Mixco Guatemala.



## 6. RESULTADOS

### 6.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS MICROCUENCAS RÍO PANSALIC Y PANCOCHÁ

#### 6.1.1 Determinación de aspectos lineales de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

La determinación de los parámetros lineales de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá se describen en el cuadro 15.

**Cuadro 15. Resumen de aspectos lineales de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.**

No.	Aspecto Lineal	Resultado
1	Perímetro	20.52 Km
2	Clase de corrientes	
	Permanente	2 corrientes
	Intermitente	1 corrientes
	Efímeras	17 corrientes
3	Orden de Corrientes	
	Orden 1	17 corrientes
	Orden 2	4 corrientes
	Orden 3	2 corrientes
	Orden 4	1 corrientes
4	Radio de bifurcación medio	2.75
5	Longitud media de Corrientes	0.91 km
	L $\bar{u}$ 1	0.56 km
	L $\bar{u}$ 2	0.93 km
	L $\bar{u}$ 3	3.85 km
	L $\bar{u}$ 4	0.98 km
6	Radio de Longitud Medio	0.85 km
7	Longitud Acumulada de Corrientes	22.02 km

Fuente: Elaboración propia

Las microcuencas Río Pansalic y Pancochá presenta un perímetro total de 20.52 Km. de longitud, encontrándose los distintos tipos de corrientes; 2 permanentes , 1 intermitentes y 17 efímeras, donde los tipos de corrientes permanentes están compuestas por los 2 ríos principales los cuales son Río Pansalic y Río Pancochá. Las microcuencas se determinó como de orden cuatro, con 24 corrientes (17 orden uno, 4 orden dos, 2 orden tres, 1 orden cuatro), lo que da la pauta de un buen drenaje y altas pendientes con un radio de bifurcación medio de 2.75, una longitud media de corrientes de 0.91 Km., un radio de longitud medio de 0.85 y una longitud acumulada de corrientes de 22.02 Km., reflejando pendientes muy escarpadas. El cauce principal tiene una longitud de 8.62 Km. lineales, iniciando desde los 1,680 msnm hasta los 2,200 msnm. En la figura, se muestra el mapa hidrológico de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

### 6.1.2 Determinación de aspectos superficie de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

La determinación de los parámetros de superficie de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá se describen a continuación en el cuadro 16.

**Cuadro 16. Resumen de aspectos de superficie de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.**

No.	Aspecto de Superficie	Resultado
1	Área de la cuenca	9.51 km <sup>2</sup>
2	Forma de la microcuencas	
	Relación de forma	0.13
	Relación circular	0.28
2	Radio de elongación	0.40
3	Densidad de drenaje	2.31 km/ km <sup>2</sup>
4	Frecuencia de corrientes	2.52 cauces / km <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Las microcuencas cuenca con un área aproximada de  $9.51 \text{ Km}^2$ , siendo considerada de tamaño pequeño, con una forma alargada ( $Rf: 0.13$  y  $Rc: 0.28$ ), con una densidad de drenaje de  $2.31 \text{ Km./km}^2$ , siendo ésta una densidad considerable, con buen drenaje, en donde los materiales del suelo son poco resistentes a la erosión. Tomando en cuenta la frecuencia de corrientes de  $2.52 \text{ cor/km}^2$ , se puede reducir nuevamente el alto drenaje y respuesta hidrológica de la microcuenca, principalmente en la sección intermedia ( $400\text{msnm} - 1,500 \text{ msnm}$ ) de la misma que es la que presenta las mayores pendientes y relieve

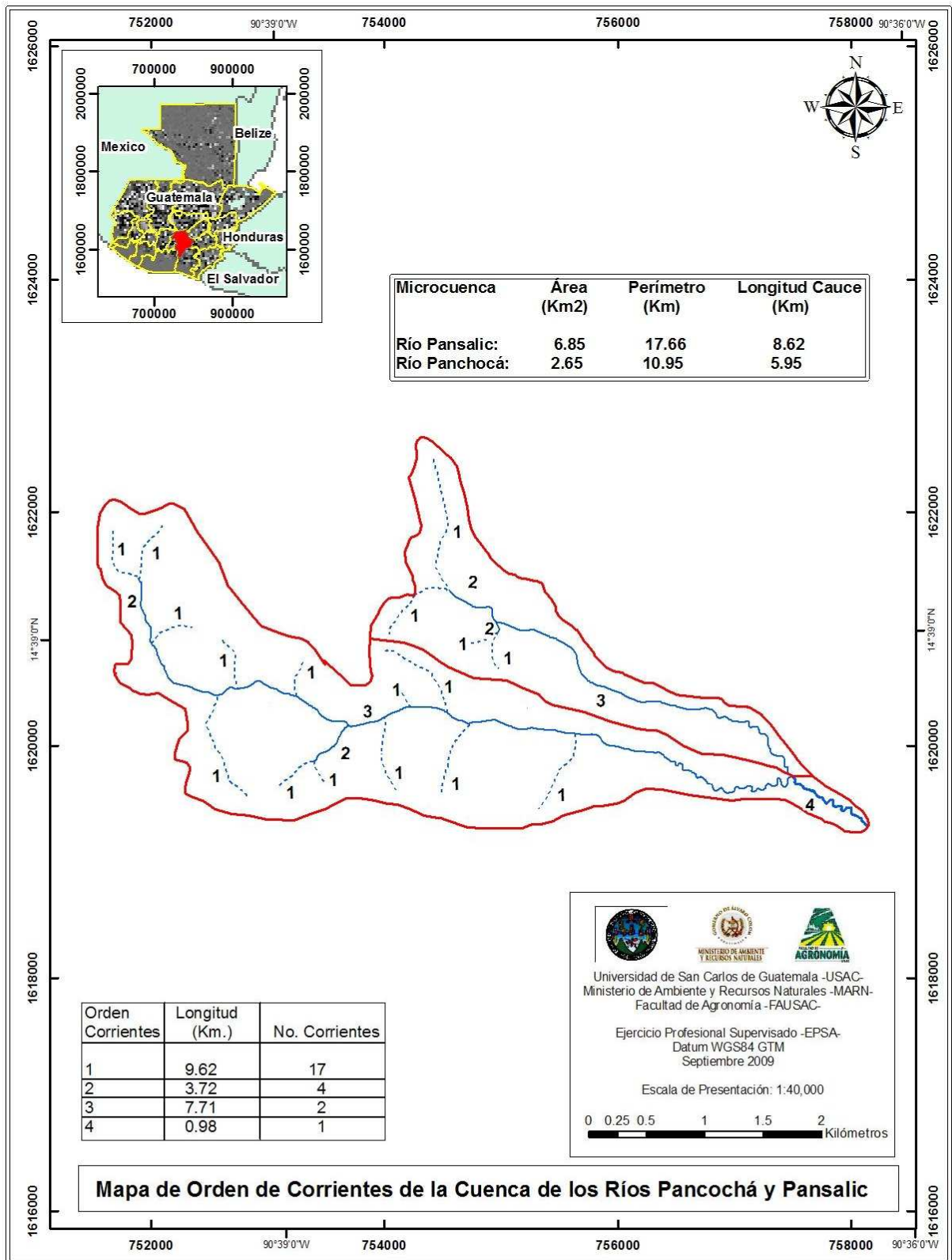


Figura 12. Mapa de hidrológico de la microcuenca Río Pansalic y Panchochá

### 6.1.3 Determinación de aspectos de relieve de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

La determinación de los parámetros de relieve de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá se describen a continuación en el cuadro 17.

**Cuadro 17. Resumen de aspectos relieve de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.**

No.	Aspecto de Relieve	Resultado
1	Pendiente media de la cuenca Met. Alvord	47% P3
2	Pendiente del canal o cauce principal (método analítico)	6%
3	Elevación media de la Cuenca Curva Hipsométrica	2,170 msnm
4	Coeficiente de relieve	$1.15 \times 10^{-5}$
5	Coeficiente de robustez	52

Fuente: Elaboración propia

Las microcuencas presentan una pendiente media del 47% con una clasificación P3, siendo está considerada como alta, su mayor grado de pendiente se encuentra entre los rangos de 1800 a 2200 msnm, (parte alta de las microcuencas), presentando las áreas mas escarpadas y mayor relieve de toda la microcuenca. La pendiente del cauce principal es de 6%, considerando estos aspectos la velocidad del flujo de las corrientes, es media a baja en la mayoría de las microcuencas, presentando una elevación media de 2,170 msnm y un coeficiente de relieve bajo de  $1.15 \times 10^{-5}$  y de robustez 52, indicando que la microcuenca es relativamente joven, con poco grado de madurez.

## 6.2 BALANCE HIDROLÓGICO DE LAS MICROCUENCAS RÍO PANSALIC Y PANCOCHÁ

### 6.2.1 Datos Climáticos

Los datos climáticos de Temperatura ( $T^{\circ}$ ) y Precipitación pluvial (pp), de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá del departamento de Guatemala fueron recopilados por las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH central ubicada a 1,502 msnm X: 765.831 Y: 1.614.041 y la de la estación meteorológica Suiza Contenta ubicada a 2,102 msnm X: 751.959 Y: 1.617.492

#### 6.2.1.1 Precipitación pluvial mensual

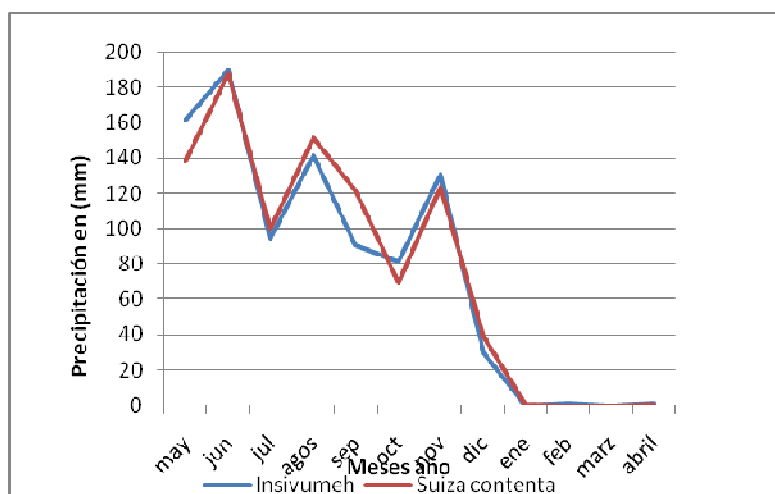
La precipitación fue calculada en milímetros promedio mensuales para las dos estaciones meteorológicas en el periodo de mayo 2009 a abril 2010.

La distribución de la lluvia es bastante variada, ya que la época seca comprende los meses de diciembre a abril, según los datos de precipitación mensual del cuadro 18, mientras que la época lluviosa está comprendida entre los meses de mayo a noviembre, en el mes de julio se presenta un periodo seco denominado canícula, el cual se define como un periodo de tiempo anormalmente seco dentro de la estación lluviosa.

**Cuadro 18. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas de las Microcuencas Río Pansalic y Pancochá**

Estación	Lat Z-15	Long Z-15	Pp prom	May	Jun	Jul	ago	Sep	oct	nov	dic	Ene	feb	mar	abr	Anual
Central INSI	1.614.041	765.831	mm	161	189.6	94.4	141.5	90.2	81.2	130.5	29.5	0	1.3	0	1.4	920.6
SUIZA CONTENTA	1.617.492	751.959	mm	137.9	187.7	99.8	151.6	121.6	69.5	123.5	38.9	0.6	0	0.3	0.9	932.3

Fuente: Registro climático de las Estaciones INSIVUMEH central y Suiza Contenta.



**Figura 13. Precipitación mensual dentro de las microcuencas**

En la figura 13, se muestra que el pico de precipitación durante el año 2,009, fue durante el mes de junio, reportándose 189.6 mm. de precipitación baja (Est. Central INSIVUMEH), y 187.7 mm. en la sección media (Est. Suiza Contenta).

### **Precipitación media de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá**

La precipitación media de la cuenca se obtuvo por medio del método de las isoyetas. En el cuadro 19, se presentan los valores y áreas de cada isoyeta, obteniendo como resultado final una precipitación media de las microcuencas río Pansalic y Pancochá, de 1,106 mm. anuales. En la figura 14 se muestra la distribución de las isoyetas dentro de las microcuencas.

#### **Cuadro 19. Precipitación media por medio de Isoyetas**

	Isoyetas	Ha	pp promedio	Ha*Pp
1	900-1000	120	950	114,000
2	1000-1100	381	1050	400,050
3	1100-1200	228	1150	262,200
4	1200>	221	1250	276,250
		951		1,052.500

$$\underline{1,052.500/951=1,106\text{mm}}$$

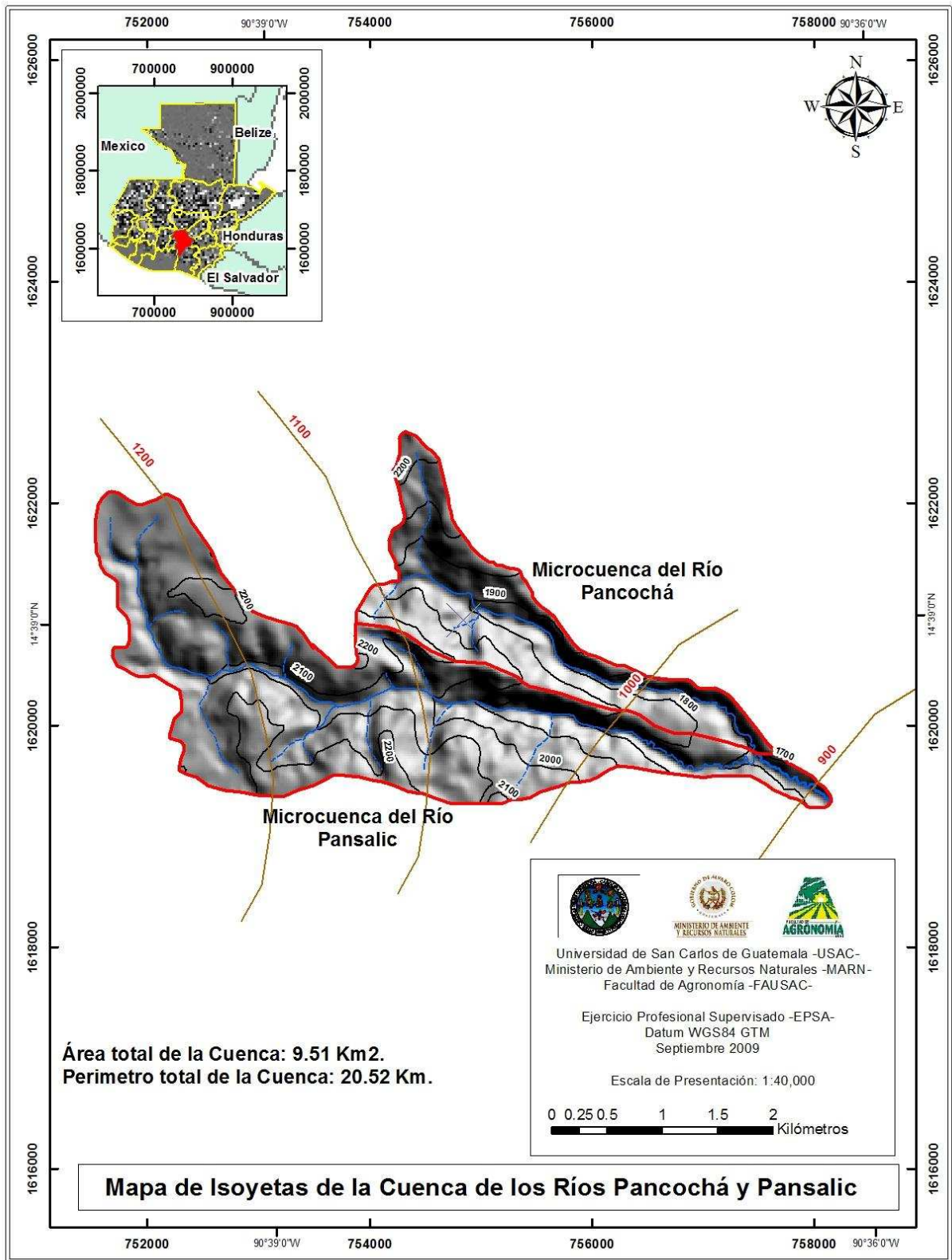


Figura 14. Mapa isoyetas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

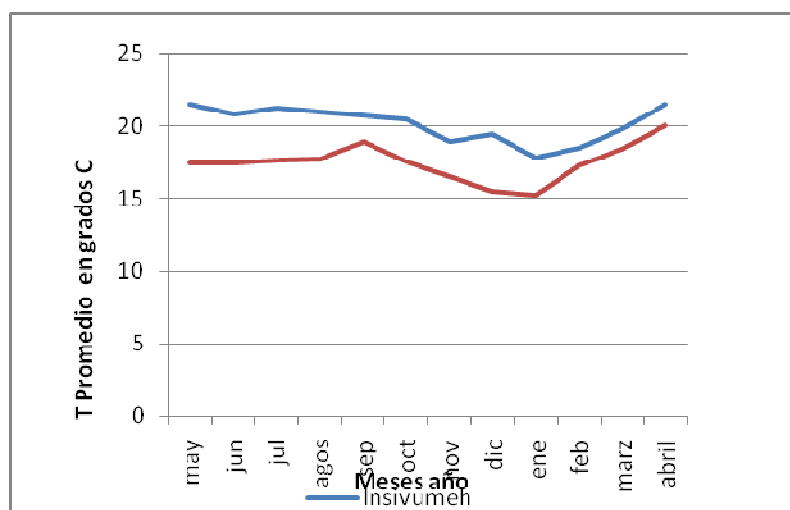


### 6.2.1.2 Cálculo de temperatura mensual

La temperatura promedio mensual fue determinada mediante el monitoreo de los promedios de las temperaturas mínimas y máximas de cada estación meteorológica (datos diarios) de mayo 2009 a abril del 2010. Teniendo como resultado que en la parte baja de las microcuencas la temperatura media anual es de 20.13 °C, mostrándose una disminución en la temperatura en la sección media de la estación Suiza Contenta siendo esta de 17.45 °C. En el cuadro 20, se muestran los datos de temperatura media mensual, de las dos estaciones climáticas, durante en rango de mayo 2009 a abril 2010.

**Cuadro 20. Temperatura media de las estaciones meteorológicas de las Microcuencas Río Pansalic y Pancochá.**

Estación	Lat Z-15	Long Z-15	T prom °	may	Jun	jul	ago	Sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	Anual
Central INSI	1.614.041	765.831	°C	21.5	20.8	21.2	21	20.7	20.5	18.9	19.4	17.8	18.5	19.8	21.5	<b>20.13</b>
SUIZA CONTENTA	1.617.492	751.959	°C	17.4	17.4	17.6	17.7	18.9	17.5	16.5	15.5	15.2	17.3	18.4	20	<b>17.45</b>



**Figura 15. Temperatura promedio mensual, de las estaciones meteorológicas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.**

En la figura 15, se muestran las distintas fluctuaciones de la temperatura durante doce meses y en las dos estaciones meteorológicas distribuyéndose de una manera casi homogénea sin mayores cambios bruscos durante el tiempo. En la figura 16, se muestra la distribución de las isotermas dentro de las microcuencas

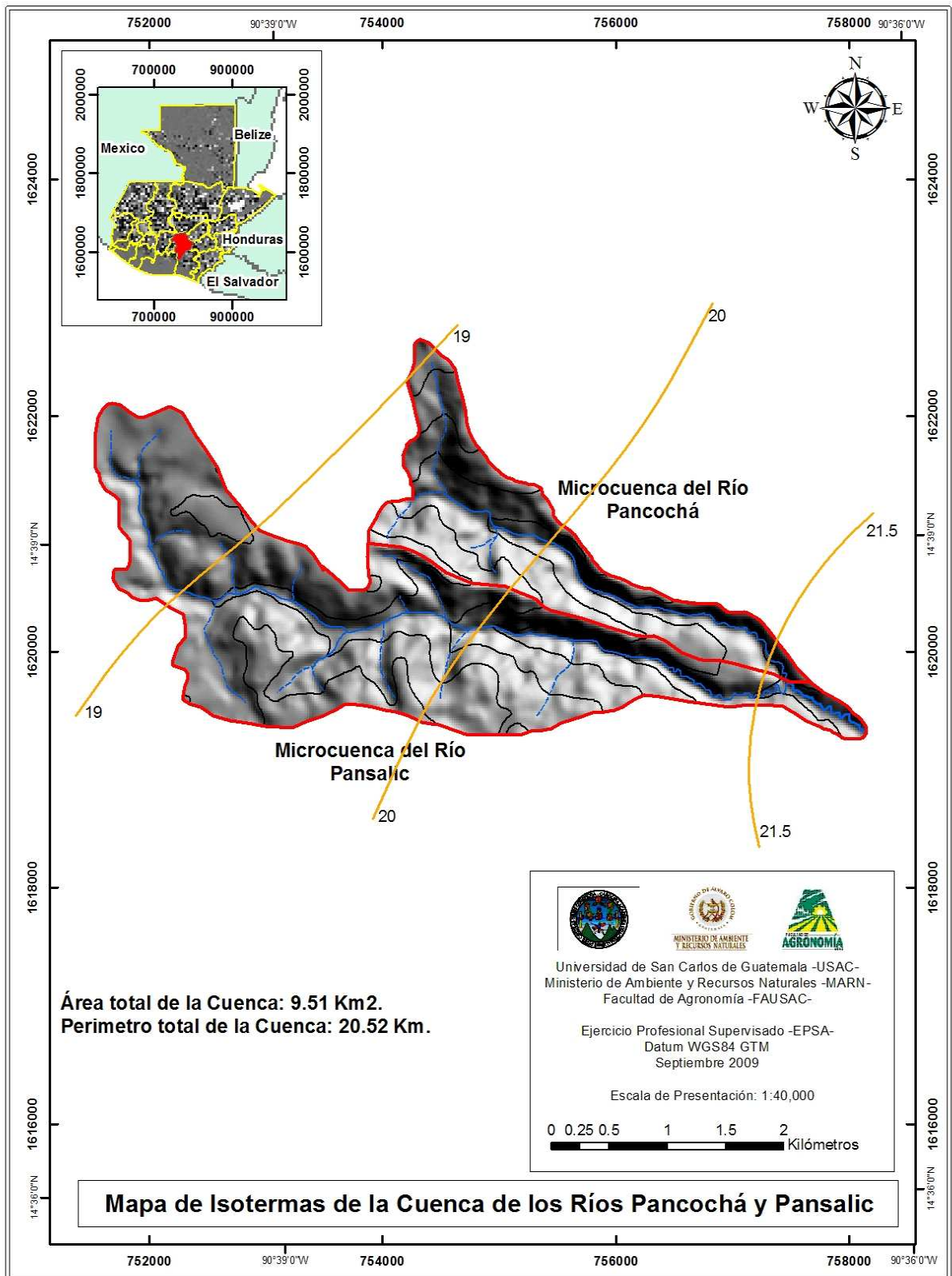


Figura 16. Mapa de isotermas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

### 6.2.1.3 Cálculo de la evapotranspiración potencial mensual por el método de Hargreaves.

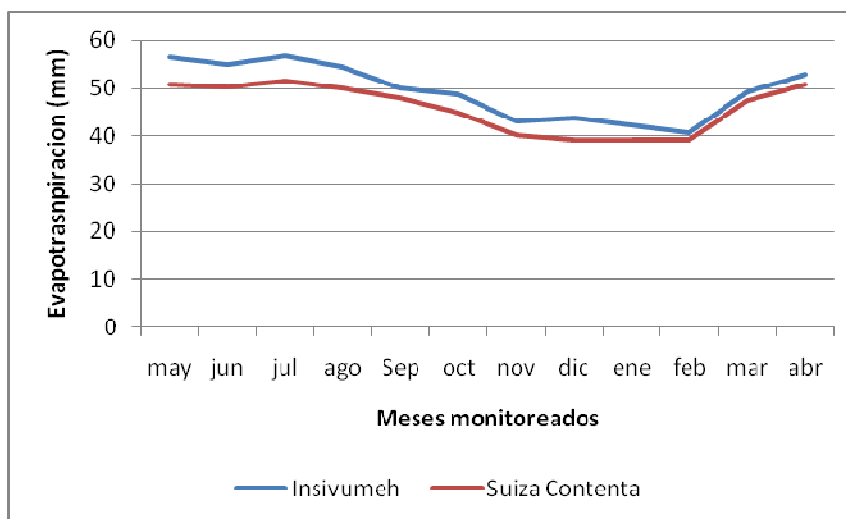
La evapotranspiración se calculó mediante la metodología de Hargreaves, considerando los parámetros de temperatura y humedad relativa.

Los valores de evapotranspiración mensual se presentan en el cuadro 21, obteniendo un valor anual en la sección baja de las microcuencas de 592.25 mm. Anuales y 549.83 mm. en la sección media.

**Cuadro 21. Calculo de la evapotranspiración mensual de las estaciones meteorológicas de la microcuencas Río Pansalic y Pancochá**

Estación	ETP pro	may	jun	jul	ago	Sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	Anual
Central INSI	Mm	56.46	54.9	56.6	54.4	49.8	48.7	42.8	43.7	42.2	40.6	49.0	52.7	592.25
SUIZA CONTENTA	Mm	50.56	50.0	51.4	49.8	47.7	44.8	40.0	39.1	39.14	39.2	47.2	50.7	549.83

Fuente: elaboración propia, con datos climáticos de la Estación INSIVUMEH Central y Suiza Contenta



**Figura 17. Evapotranspiración mensual por Hargreaves.**

La figura 17, muestra claramente las fluctuaciones en la evapotranspiración determinada en las dos estaciones meteorológicas, encontrándose que en los meses de mayo a julio se

reportó la mayor evapotranspiración para las dos estaciones, como también un aumento en la evapotranspiración durante el mes de abril

### **A. Evapotranspiración media por medio de Isopletras**

Corresponde a la evapotranspiración potencial del área de la microcuencas, la cual se obtuvo por medio del cálculo de isopletras anuales. En el cuadro 22, se observan los valores y áreas entre cada isopletra, para dar como resultado 479.48 mm de evapotraspiración media anual de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

**Cuadro 22. Evapotranspiración por Isopletras.**

	Isopletras	ha	ETP	ha*ETP
1	< 422	223.11	422	94,152
2	422-480	258.93	451	116,777
3	480-544	361.37	512	185,021
4	544-570	98.89	557	55,081
5	570 >	8.70	570	4,959
		951		455,990

**Evapotranspiración = 455,990/951= 479.48 mm.**

La evapotranspiración media anual de las microcuencas es relativamente baja considerando las dos estaciones meteorológicas y tomando en cuenta que la mayor área de la microcuenca se encuentra en condiciones de mayor humedad, menor temperatura y mayor precipitación pluvial, que es desde la parte media y alta de la microcuenca, la cual repercute en la evapotranspiración total de la microcuencas. En la figura 18, se muestra la distribución de las isopletras en la microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

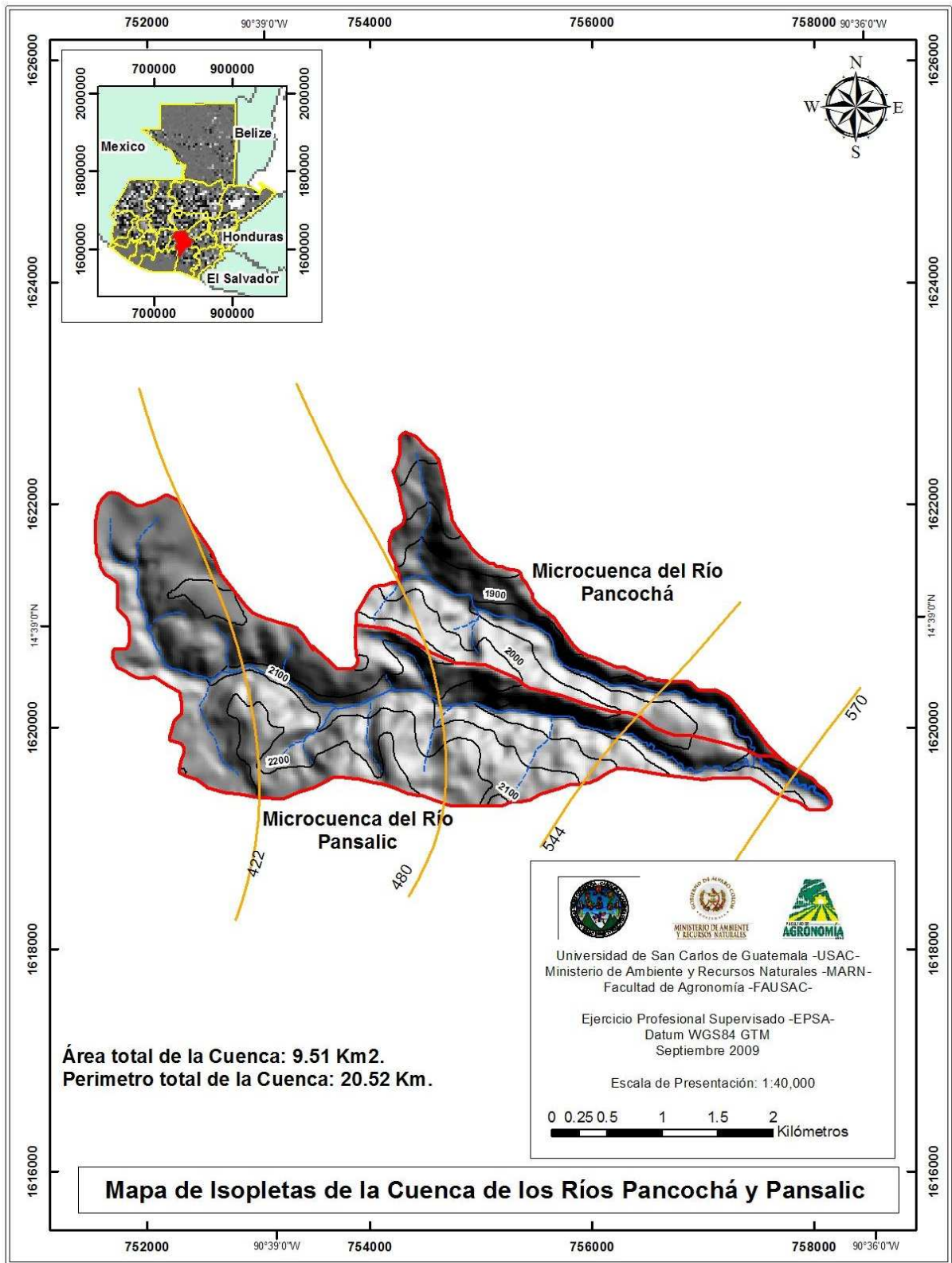


Figura 18. Mapa de isopletas de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá.

## 6.2.2 Caudales medios mensuales

La microcuencas de Pansalic y Pancochá forman el Río Molino.

La realización de los aforos se llevó a cabo durante doce meses siendo estos de mayo de 2009 a abril del año 2010, calculados por los métodos de sección velocidad (flotador), y en el cuadro se muestran los caudales de los distintos ríos aforados.

**Cuadro 23. Aforos de los Ríos Pansalic y Río Pancochá**

Mes	Río Pansalic		Río Pancochá		Unión de los dos Ríos	
	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s	L/s	m <sup>3</sup> /s
Mayo	170	0.170	166	0.166	180	0.180
Junio	260	0.260	254	0.254	266	0.266
Julio	160	0.160	156	0.156	165	0.165
Agosto	235	0.235	233	0.233	240	0.240
Septiembre	160	0.160	161	0.161	165	0.165
Octubre	153	0.153	152	0.152	155	0.155
Noviembre	205	0.205	202	0.202	220	0.220
Diciembre	20	0.020	16	0.016	25	0.025
Enero	10	0.010	7	0.007	16	0.016
Febrero	8	0.008	8	0.008	14	0.014
Marzo	8	0.008	8	0.008	13	0.013
Abril	7	0.007	9	0.009	10	0.010
<b>Promedio M<sup>3</sup>/s</b>	<b>116.33</b>	<b>0.1163</b>	<b>114.36</b>	<b>0.1143</b>	<b>122.43</b>	<b>0.1224</b>
<b>Q unitario L/s /km<sup>2</sup></b>	<b>16.98</b>		<b>43.15</b>		<b>12.88</b>	
<b>Escorrentía mm</b>					<b>405.88</b>	

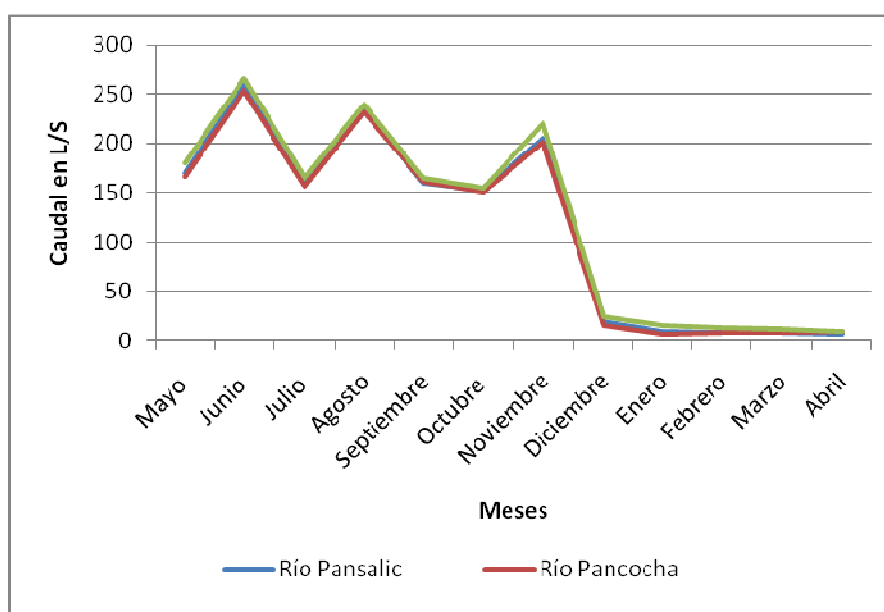
Fuente: Elaboración propia, mayo 2009 a abril 2010

$$0.1224\text{m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/hora} \times 24 \text{ h/día} \times 365 \text{ días/año} = 38600064 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Escorrentía: } 38600064 \text{ m}^3/\text{año} / 9510000: 0.4058 \times 1000 = 405.88\text{mm}$$

En el punto de aforo se tiene un caudal promedio anual de 0.1224 m<sup>3</sup>/s, siendo equivalente a una lamina de 405.88 mm anuales, de los cuales el afluente de Río Pansalic

aporta un caudal unitario de 16.98 L/s /km<sup>2</sup>, siendo estos influenciados por el aprovechamiento por parte de las poblaciones, los caudales mensuales monitoreados durante los doce meses se muestra en el cuadro 21. También debe considerarse que las mediciones fueron mensuales, por lo que la exactitud de los datos podría variar dependiendo la época de la toma de los datos.



**Figura 19. Caudales medio mensuales microcuencas Río Pansalic y Pancochá**

La figura 19, muestra el comportamiento de los caudales (aforos) en los tres ríos. Se logró determinar que los caudales máximos son reportados para los meses de junio y agosto siendo los meses de mayor precipitación pluvial y reportándose para el mes de febrero el caudal mínimo del año hidrológico (mayo 2009-abril 2010), encontrándose principalmente en la época de estiaje (diciembre –abril). La unión de los dos ríos presento un caudal muy parecido a los dos ríos que lo conforman, debido a que el agua se embalsa producto de un basurero, esto hace que el caudal sea amortiguado y el caudal de salida sea semejante al caudal de entrada.



### 6.2.3 Balance hidrológico de las Microcuencas

Para el cálculo del balance hidrológico de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá se usaron los datos de precipitación pluvial y evapotranspiración, y caudales de ambos ríos y también el caudal de la unión de los dos, considerando la ecuación del balance hidrológico la siguiente:

$$\text{Entradas} - \text{salidas} = \pm \text{Cambio en el almacenamiento}$$

Las entradas de la microcuencas de los Ríos Pansalic y Pancochá consisten principalmente en la precipitación pluvial, y las salidas están determinadas por el caudal del río (lamina de lluvia), y por la evapotranspiración, teniendo el resumen del balance hidrológico en el cuadro.

**Cuadro 24. Resumen del balance hidrológico de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá**

Entradas (+)	Salidas (-)	Almacenamiento
Precipitación 1,106mm.	Escorrentía 405.88 mm.	220.24mm.
	Evapotranspiración 479.88 mm.	

Fuente: elaboración propia

Con los cálculos realizados y expresados en el cuadro 24, en las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, si existe un almacenamiento o recarga hídrica de 220.24mm. anuales, que ocurre principalmente en las partes altas y media pues en estas áreas hay mayor vegetación, los resultados son una estimación para los meses de mayo 2009 a abril 2010.

Para tener resultados mas confiables seria realizar aforos semanales, puesto que los datos fueron mensuales lo que podría variar la recarga hídrica.

### 6.3 Análisis FODA.

#### Cuadro 25. Recurso político

<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe Un COCODE.</li> <li>• Equidad de género en la toma de decisiones.</li> <li>• Existen varias instituciones que trabajan dentro de las microcuencas como: CONAP, ARCAS, SIPECIF, FONACON.</li> <li>• En todas las comunidades hay alcaldes auxiliares.</li> <li>• Hay organización para mejorar el medio ambiente.</li> <li>• El COCODE es el encargado de gestionar proyectos ante distintas instancias.</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen líderes negativos en la región.</li> <li>• Falta de responsabilidad de parte de las personas.</li> <li>• No existe un cocode de segundo nivel.</li> <li>• No participan todos los comunidades en los COMUDES.</li> <li>• Poca comunicación entre comunidades.</li> <li>• No existen políticas de desarrollo urbano.</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existen instituciones que promueven la organización.</li> <li>• Establecer lazos de coordinación con otras instituciones para apoyo económico y técnico.</li> <li>• Si se aplicaran técnicas de manejo integrado de microcuencas, se podrá servir de modelo para otros microcuencas.</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca incidencia en la microcuenca de las autoridades municipales.</li> <li>• La falta de información ha creado poca credibilidad</li> <li>• Se carece de conocimiento de las leyes.</li> <li>• Contaminación creciente de los cuerpos de agua.</li> <li>• Crecimiento de las poblaciones y la frontera urbana.</li> </ul>

**Cuadro 26. Recurso natural y Físico**

<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con muchos recursos naturales.</li> <li>• Existe por parte de las comunidades conciencia por conservación del medio ambiente.</li> <li>• Las microcuencas cuentan con 23 nacimientos de agua.</li> <li>• Las microcuencas posee el 74% de cobertura forestal.</li> <li>• El área posee potencial eco turístico.</li> <li>• Las 3 de las 7 comunidades cuentan con educación primaria.</li> <li>• Algunas familias perciben ingresos por la producción de cultivos.</li> <li>• La mayoría de las comunidades cuenta con sistema de agua.</li> <li>• En las comunidades se cuenta con escuelas de educación primaria.</li> </ul>	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En algunas partes de las microcuencas aun persiste el mal manejo y uso de los recursos naturales.</li> <li>• El área donde están ubicados los nacimientos que abastecen algunas comunidades están en áreas privadas.</li> <li>• Contaminación de las fuentes de agua.</li> <li>• Falta de planes de ordenamiento territorial.</li> <li>• Incendios forestales</li> <li>• No hay prácticas de conservación de suelos.</li> <li>• Pérdida de biodiversidad</li> <li>• Cambio del uso del suelo.</li> <li>• Destrucción del hábitat de los animales.</li> </ul>
<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe el apoyo de universitarios que realizan investigaciones en el área.</li> <li>• Existen instituciones que apoyan el manejo de los recursos naturales.</li> <li>• Existe instituciones de apoyo para gestionar proyectos.</li> <li>• Se cuenta con apoyo de la municipalidad para gestionar proyectos de infraestructura</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avance de la frontera urbana.</li> <li>• Cambio climático.</li> <li>• Quemas y Contaminación</li> <li>• Fenómenos naturales.</li> <li>• Avance de la frontera agrícola.</li> <li>• Crecimiento poblacional.</li> <li>• No existe mantenimiento para infraestructura escolar.</li> </ul> <p>Deforestación</p>

## 6.4 LINEAMIENTOS GENERALES DE MANEJO DE LAS MICROCUENCAS RÍO PANSALIC Y PANCOCHÁ.

### **Recurso Bosque:**

#### Establecer proyectos de ecoturismo:

Implementación de senderos ecológicos:

Estos se pueden implementar en la parte media- alta de las microcuencas con el fin de mostrar a las personas que lo visitan los diferentes aspectos de la naturaleza y su conservación. Aparte es una fuente de ingresos para las personas que lo administren.

#### Establecer proyectos de reforestación:

En la microcuencas de los ríos Pansalic y Pancochá en el mapa de uso de la tierra contiene claros aéreos sin cobertura, en los cuales se podría reforestar ya que estos surgen de incendios forestales o por cambio del uso del suelo por agricultura la extensión a reforestar sería de 209 hectáreas, esto equivale al 21.97 % del total del área de las microcuencas.

#### Establecer proyectos de pagos por servicios ambientales.

PSA ofrecen una excelente oportunidad para conectar los esfuerzos de conservación locales con mercados regionales y globales que consumen estos servicios y pueden proveer recursos financieros. Los (PSA) propuestos son:

Abastecimiento de agua: Por medio de este sistema de empresa comunitaria, los servidores locales están recibiendo pagos de los usuarios corriente abajo, en compensación por los servicios de manejo de cuencas hidrográficas que proveen. Las tarifas de agua ayudan a financiar las mejoras de infraestructura del sistema de distribución de agua y presentan una oportunidad para generar ingresos.

Captura de Carbono: Involucra la producción y venta de créditos de carbono a través de actividades de captura de carbono, los árboles han demostrado ser eficaces para absorber el dióxido de carbono y estos son comprados por países participantes que intentan alcanzar sus compromisos de reducción de emisiones, como es recomendado por el Protocolo de Kioto.

### Establecer proyectos de viveros forestales.

Los viveros forestales se implementaran con el fin de que la producción de plantas lo hagan las personas que están dentro de las microcuencas ya que con esto se podrá establecer el proyecto de reforestación. También se podrá generar ingresos con la venta de plantas.

### **Recurso Hídrico:**

#### Establecer proyectos de protección de fuentes de agua:

Cercado de los nacimientos: Para evitar el ingreso de animales y contaminación del agua. Esto se puede hacer 5 metros a la redonda del nacimiento.

Limpieza de los nacimientos: La limpieza de las cajas captadoras del agua proveniente del nacimiento, también el entorno del nacimiento permitirá tener menos contaminación y mejor calidad física del agua.

#### Establecer proyecto de inventarios de fuentes de agua:

Con este se pretende capacitar a personas que están dentro del área para que ellos puedan elaborar dicho proyecto. Así saber con qué cantidad de agua tienen y a cuantas personas pueden abastecer.

#### Establecer un plan de manejo integrado de microcuencas:

Este se realiza con la ayuda de la guía metodológica para elaboración de planes de manejo de microcuencas, esta guía implementa procesos participativos de desarrollo local lo cual involucra directamente a las comunidades. Esta guía es facilitada con la ayuda de un técnico que da la capacitación para la comprensión e implementación de la misma.

### **Recurso suelo:**

#### Establecer proyectos de conservación de suelos:

Acequias de ladera: éstas se pueden implementar en toda el área de las microcuencas con alta pendiente, con el fin de evitar la erosión y la capa fértil del suelo.

Terrazas: estas se pueden implementar a las orillas de los ríos, también a orillas de las carreteras para evitar deslaves y sedimentación

Establecer plan de ordenamiento territorial:

Implementar el ordenamiento territorial en las microcuencas, este proceso de planificación, programación global y coordinada de un conjunto de medidas que buscan una mejor distribución espacial de los seres humanos, actividades productivas y recreativas, tomando en cuenta los recursos naturales disponibles (potencialidades - restricciones) y teniendo que contribuir al desarrollo armonioso de cada territorio.

**Recurso Físico:**

Construcción de infraestructura para captación de agua:

Consiste en captar el agua de lluvia en la parte alta de las microcuencas, desviarla a través de acequias e infiltrarlas en rocas de montañas para meses después cosecharlas en época de estiaje a través de manantiales o bien algunas casas que cuenten con techos de lámina, conducirla para captarla en depósitos para luego distribuirla.

**6.5 Calidad de agua**

La calidad de agua de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá, fue determinada por una serie de muestreos, para la determinación de sus parámetros físicos, químicos y biológicos, siendo tomados en la época de abril.

6.5.1 Aforo de principales manantiales

**Cuadro 27. Ubicación y caudal de principales manantiales**

Ubicación	Coordenadas UTM		Caudal época de estiaje	
	X	Y	Mes de abril (Q L/s)	(m <sup>3</sup> /s)
Nacimiento Pansalic	757.327	1.619.671	0.08	0.00008
Nacimiento Finca San Jerónimo	755.700	1.619.908	1.09	0.00109
Nacimiento Cascada Pansalic	753.293	1.620.402	1.25	0.00125

El nacimiento Cascada Pansalic presentó el mayor caudal, ya que está en la parte alta seguidamente del nacimiento San Jerónimo que está en la parte media, el nacimiento Pansalic presentó el menor caudal ya que está en la parte baja de la microcuenca.

## 6.5.2 Análisis fisicoquímico del agua de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá

Los parámetros determinados con el equipo de campo en los tres puntos de las microcuencas se muestran en el cuadro.

### 6.5.2.1 Calidad de agua con fines de consumo

**Cuadro 28. Resultados a físico-químicos**

Parámetro	Unidad	Normas Coguanor		Nacimiento Pansalic	Nacimiento Finca San Jerónimo	Nacimiento Cascada Pansalic
		LMA	LMP			
<b>Color</b>	u	5.0	35.0	4.9	4.9	4.9
<b>Sabor</b>		No rechazable	No rechazable	Rechazable	Rechazable	Rechazable
<b>Turbiedad</b>	u	5.0 UNT	15. 0 UNT	4.0	4.0	4.0
<b>Tº</b>	º C	15-25	34	20	19	17
<b>Sólidos Disueltos</b>	mg/l	500	1000	228	228	228
<b>Conductividad eléctrica</b>	µS/m	---	<1500	206	206	206
<b>Potencial de hidrogeno (pH)</b>	unid	7.0-7.5	6.5-8.5	7	7	7
<b>Fosfatos (PO4-3)</b>	mg/L	---	1.3	0.25	0.25	0.25
<b>Nitratos (NO3-N)</b>	mg/L	---	10.0	4.20	4.20	4.20
<b>Nitritos (NO2-N)</b>	mg/L	---	1.0	0.036	0.036	0.036

Fuente: Muestreo de calidad de agua en el mes Abril por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

LMA: límite máximo aceptable

LMP: límite máximo permisible

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad

U: unidades de color en la escala Platino – Cobalto.

De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos determinados con el equipo de campo en la temporada de estiaje que son los meses de marzo y abril, para los tres puntos de muestreo, siendo estas comparadas con los límites de COGUANOR, la mayoría de los parámetros considerados son aceptados para consumo humano.

La tendencia más notable de los parámetros analizados fue principalmente la temperatura, pues acorde al aumento de la altura, la temperatura disminuía, en lugares más altos la temperatura fue más baja.

### **6.5.3 Análisis biológico del agua de las microcuencas Río Pansalic y Pancochá**

Estos análisis se realizaron únicamente en la época seca, específicamente en la primera semana del mes de abril del 2010, esto con fines de determinar más parámetros indicadores para la calidad de agua para consumo humano, tomando en cuenta los coliformes totales y la presencia de *Escherichia coli*. En el cuadro 29, se muestran los resultados microbiológicos de las tres muestras de las microcuencas Río Pansalic Y Pancochá Mixco, Guatemala.



**Cuadro 29. Resultados microbiológicos de laboratorio de las muestras de las microcuencas río Pansalic y Pancochá.**

Pto. de muestreo	Coliformes Totales		E. Coli	Consumo humano
	NMP/100ml	Norma Coguanor		
Nacimiento Pansalic	>23.0	< 2 NMP/100ml	Presente	No
Nacimiento Finca San J.	23.0	< 2 NMP/100ml	Presente	No
Nacimiento Cascada P.	>23.0	< 2 NMP/100ml	Presente	No

**Fuente: Análisis de agua para consumo humano, en el Laboratorio Nacional de Salud**

**NMP: número más probable LMA: no se encuentra definido un limite**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro 29, las muestras sobrepasan los límites máximos permisibles, por lo que no son aptas para consumo humano, tanto por la presencia de coliformes totales, Escherichia coli, esto debido muy probablemente por la influencia de los poblados que están dentro del área y considerando que las muestras de agua fueron tomadas cercanas a caminos o veredas, esto principalmente por el acceso limitado que se encuentra en toda las microcuencas tanto por la vegetación presente como por el relieve.

#### **6.5.4 Análisis de la calidad de agua**

Según los resultados obtenidos, tanto fisicoquímicos como microbiológicos, actualmente el agua no es apta para consumo humano principalmente por la limitante bacteriológica, pues estas podrían causar enfermedades gastrointestinales, y hasta la muerte a las poblaciones locales, aunque con medidas de cloración o purificación sí podrían ser aptas para consumo humano. La presencia de las comunidades dentro de la microcuencas, tienen una alta repercusión en los parámetros, fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de la microcuenca, ya que los nacimientos no cuentan con protección.

## 7. CONCLUSIONES

1. El área aproximada de las microcuencas es de 9.51 Km<sup>2</sup>, con 2 corrientes permanentes, 1 intermitente y 17 efímeras, clasificándose como una microcuenca de orden 4, según sus características de longitud y un coeficiente de robustez de 52, un coeficiente de relieve muy bajo, así como una alta densidad de drenaje, refleja pendientes muy escarpadas y muy susceptibles a la erosión hídrica.
2. La precipitación media de la microcuencas es de 1,106mm anuales. La temperatura promedio anual en la parte baja fue de 20.13 °C, y en la parte alta 17.45 °C, una evapotranspiración potencial de 479.88 mm (mayo 2009 – abril 2010). El Río Pansalic presenta un caudal 0.1163 m<sup>3</sup>/s, el Río Pancochá 0.1143 m<sup>3</sup>/s y La Unión de los dos Ríos 0.1224 m<sup>3</sup>/s esto se debe a que el agua se embalsa producto de un basurero, esto hace que el caudal sea amortiguado y el caudal de salida sea semejante al caudal de entrada. Los caudales máximos son reportados para los meses de junio y agosto siendo los meses de mayor precipitación pluvial, y reportándose para el mes de abril el caudal mínimo del año hidrológico. La microcuenca cuenta con una escorrentía de 405.88 mm y recarga hídrica aproximada de 220.24 mm anuales.
3. En cuanto a las causas de contaminación que afectan las fuentes de agua, se nombran las siguientes: por causas antropogénicas se tiene la utilización de jabones en polvo por parte de una gran parte de la población dentro de las microcuencas, basura orgánica e inorgánica, uso del suelo para la agricultura de subsistencia y la falta de protección a los nacimientos de agua. La población debe hacer uso de las letrinas o bien los drenajes de las casas van a dar a los cauces de los ríos. De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos determinados, estos se encontraron dentro del límite máximo aceptable y permisible según la norma COGUANOR de agua potable para consumo humano, sin embargo los análisis microbiológicos según la misma norma, las aguas no son aptas para el consumo

humano ya que estas son dañinas para la salud y pueden causar enfermedades gastrointestinales.

4. Se establecieron lineamientos de manejo para lo que es el recurso bosque, suelo y agua. Los principales fueron: Implementación de senderos ecológicos, reforestación, proyectos por pagos de servicios ambientales, protección de fuentes de agua, conservación de suelos, ordenamiento territorial y construcción de infraestructura de captación de agua.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios relacionados al tema del recurso hídrico como por ejemplo: balance hídrico de suelos, determinar zonas de recarga hídrica, inventario de manantiales, estudios hidrogeológicos para analizar el potencial que tienen, dichas fuentes de agua, por mencionar algunos.
2. Para que el dato de recarga hídrica sea más exacto realizar los aforos semanalmente, elaborar un plan de acción para la protección y conservación de manantiales.
3. Implementar programas de capacitación y campañas de concientización, en el tema del manejo del recurso hídrico en general y la relación que puede tener el agua con otros recursos (suelo y bosque).
4. Se recomienda analizar la calidad del agua de los manantiales en época de lluvia para así poder compararlos con los de época de estiaje.
5. Es necesaria la instalación de estaciones meteorológicas dentro de la cordillera Alux, las cuales permitirán el registro de la información climática específica para el área protegida.
6. Es necesaria realizar una campaña de limpieza en el punto de aforo de los ríos ya que estos en esta sección están contaminados por basureros clandestinos y estos forman embalses que afecta cuando se realizan aforos.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Avizora, AR. 2007. Matriz FODA (en línea). Argentina. Consultado 14 abr 2010. Disponible en [http://www.avizora.com/publicaciones/marketing/textos/matriz\\_foda\\_0021.htm](http://www.avizora.com/publicaciones/marketing/textos/matriz_foda_0021.htm)
2. COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 2004. Características que definen la calidad del agua potable. Guatemala. 20 p.
3. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Revisión y análisis del plan maestro de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux. Guatemala, DENDRUM. 74 p.
4. \_\_\_\_\_. 2008. Borrador del plan maestro de la reserva forestal protectora de manantiales cordillera Alux. Guatemala. 74 p.
5. Córdoba, A. 2002. Calidad del agua y su relación con los usos actuales en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua (en línea). Costa Rica, CATIE. Consultado 3 mar 2010. Disponible en [http://www.portalcuencas.net/Biblio\\_ambiental.htm](http://www.portalcuencas.net/Biblio_ambiental.htm)
6. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. Geotecnología, CR. 2010. Soluciones integrales de geoprocésamiento (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 10 oct 2010. Disponible en [http://www.geotecnologias.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=51&Itemid=67](http://www.geotecnologias.com/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=67)
8. González, OG. 2006. Análisis de la información disponible: uso actual, potencial e intensidad de uso de la tierra; precipitación e infiltración; caudales y escorrentía. Guatemala, Proyecto de Fortalecimiento a la Gestión de las Áreas Protegidas y la Biodiversidad de Guatemala / Valoración del Pago por Servicios Ambientales para la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. 21 p. (Documento no. 1).
9. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.

10. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT); PRORURAL (Programa Nacional de Desarrollo Social, GT); CIPREDA (Centro de Cooperación Internacional para la Preinversión Agrícola, GT); FAO, GT; UEEDICH-MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo Integral en Cuencas Hidrográficas, GT). 2009. Guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas. Guatemala. 66 p.
11. Meneses, J. 2003. Calidad del agua en la microcuenca los Hules-Tinajones, cuenca del canal de Panamá (en línea). Costa Rica, CATIE. Consultado 5 abr 2010. Disponible en [http://www.portalcuencas.net/Biblio\\_ambiental.htm](http://www.portalcuencas.net/Biblio_ambiental.htm)
12. Rodríguez Toriz, F. 1981. Elementos del escurrimiento superficial. México, Chapingo Departamento de Irrigación. 225 p.
13. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
14. Yol Zamora, VE. 2002. Evaluación y propuesta de manejo y uso sostenible del recurso hídrico de la finca Sabana grande; El Rodeo, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 113 p.

## 10. APÉNDICES

### 10. 1. Descripción de los resultados de la caracterización morfométrica de las microcuencas.

#### 10.1.1 Determinación de aspectos lineales

**Radio de bifurcación medio:** se determinó mediante la utilización de la siguiente ecuación.

$$Rb.1. = \frac{17}{4} = 4.25 \quad Rb.2. = \frac{4}{2} = 2 \quad Rb.3. = \frac{2}{1} = 2$$

$$Rb = (4.25 + 2 + 2) / 3 = \underline{\underline{2.75}}$$

#### b. Longitud media de corrientes ( $L\bar{u}$ ):

$$L\bar{u} \ 1 = 9.62 \text{ km} / 17 = 0.56 \text{ km}$$

$$L\bar{u} \ 2 = 3.72 \text{ km} / 4 = 0.93 \text{ km}$$

$$L\bar{u} \ 3 = 7.71 \text{ km} / 2 = 3.85 \text{ km}$$

$$L\bar{u} \ 4 = 0.98 \text{ km} / 1 = 0.98 \text{ km}$$

$$L\bar{u} = 22.03 \text{ km} / 24 = \underline{\underline{0.91 \text{ km/ corriente}}}$$

**Radio de longitud medio ( $R\bar{L}$ ):** se utilizó la siguiente ecuación:

$$R\bar{L} \ 4 = 0.98 \text{ km} / 7.71 \text{ km} = 0.12$$

$$R\bar{L} \ 3 = 7.71 \text{ km} / 3.72 \text{ km} = 2.07$$

$$R\bar{L} \ 2 = 3.72 \text{ km} / 9.62 = 0.38$$

$$R\bar{L} = (0.12 + 2.07 + 0.38) / 3 = \underline{\underline{0.85 \text{ km}}}$$

**Longitud acumulada de corrientes (La):**

$$La1 = 0.56 \times 17 = 9.61 \text{ km}$$

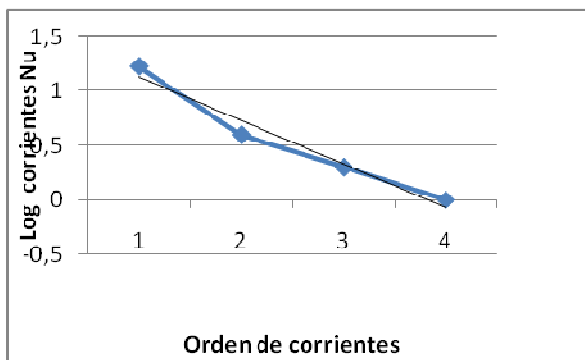
$$La2 = 0.93 \times 4 = 3.72 \text{ km}$$

$$La3 = 3.85 \times 2 = 7.71 \text{ km}$$

$$La4 = 0.98 \times 1 = 0.98 \text{ km}$$

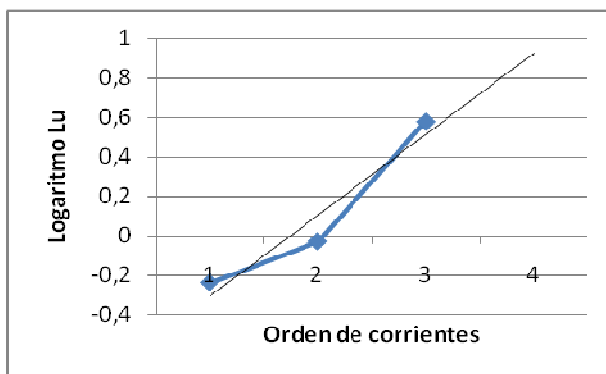
$$La = (9.61 + 3.72 + 7.71 + 0.98) = \underline{\underline{22.02 \text{ Km.}}}$$

**a.**



**Figura 20. Grafica Log NU vrs U**

**b.**



**Figura 21. Grafica Log LU vrs U**



### 10.1.2 Determinación de Aspectos de superficie

#### a. Forma de las microcuencas

##### b.1 Relación de forma (Rf):

$$Rf = 9.51 \text{ km}^2 / (8.62 \text{ Km.})^2 = \underline{\underline{0.13}}$$

##### b.2 Relación circular (Rc)

$$Rc = 9.51 \text{ km}^2 / 33.38 \text{ km}^2 = \underline{\underline{0.28}}$$

##### c., Radio de elongación (Re):

$$Re = 3.47 \text{ Km.} / 8.6 \text{ km} = \underline{\underline{0.40}}$$

##### Densidad de drenaje (D):

$$D = 22.03 \text{ Km.} / 9.51 \text{ km}^2 = \underline{\underline{2.31 \text{ km} / \text{km}^2}}$$

##### Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)

$$Fc = 24 / 9.51 \text{ km}^2 = \underline{\underline{2.52 \text{ corrientes} / \text{km}^2}}$$

### 10.1.3 Determinación de aspectos de Relieve

**Pendiente media de la cuenca (sc):** se determinó con el método de Alvord.

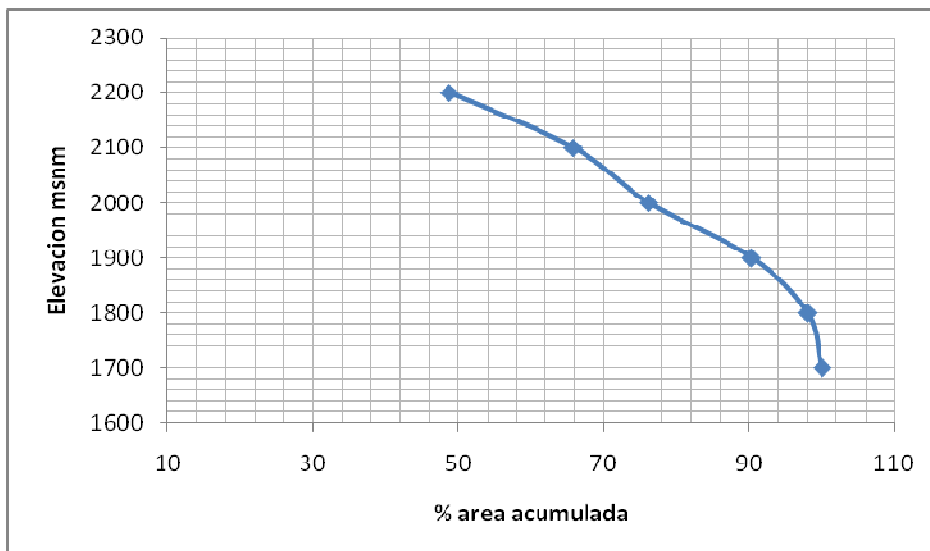
$$Sc = \frac{(0.1 \text{ km}) * 45.1 \text{ km}}{9.51 \text{ km}^2} = 0.4742 * 100 = 47 \%$$

**Pendiente del canal o cauce principal ( Scp=) :** se utilizó el método analítico para la determinación de la pendiente

$$Scp = \frac{(2,200 \text{ m.} - 1,680 \text{ m.})}{8,620 \text{ m.}} * 100 = 6.03\%$$

**Elevación media de la microcuencas**

**Elevación media de la microcuencas 2,170 msnm**



**Figura 22. Curva hipsométrica**

**Coefficiente de relieve (Rh):**

$$Rh = \frac{(2200 \text{ m} - 1680 \text{ m})}{1000 * 45,100 \text{ m}} = 1.15 \times 10^{-5}$$

**e. Coeficiente de robustez (Rr)**

$$Rr = \frac{520 \text{ m} \times 100}{1000} = 52$$

#### **10.1.4 Cálculos de evapotranspiración de las microcuencas.**

**Cuadro 30. Cálculos evapotranspiración estación INSIVUHME central**

METODO DE HARGREAVES							
Mes	Temp. °C	RS (mm/día)	RMM	Duración del día (h)	S (%)	Radiación Solar Mensual	ETP (mm)
Enero	17.8	11.30	350.30	11.2	7.71	87.92	42.23
Febrero	18.5	11.60	324.80	11.6	7.99	82.97	40.63
Marzo	19.8	12.00	372.00	12	8.26	96.65	49.03
Abril	21.5	12.50	375.00	12.5	8.61	99.44	52.73
Mayo	21.5	12.80	396.80	12.8	8.82	106.47	56.46
Junio	20.8	13.00	390.00	13	8.95	105.46	54.92
Julio	21.2	12.90	399.90	12.9	8.88	107.72	56.68
Agosto	21	12.60	390.60	12.6	8.68	103.99	54.44
Septiembre	20.7	12.20	366.00	12.2	8.40	95.88	49.80
Octubre	20.5	11.80	365.80	11.8	8.13	94.24	48.70
Noviembre	18.9	11.40	342.00	11.4	7.85	86.60	42.88
Diciembre	19.4	11.20	347.20	11.2	7.71	87.15	43.74
	20.13			145.2	100.00		592.25

**Cuadro 31. Evapotranspiración estación Suiza Contenta**

METODO DE HARGREAVES
----------------------

Mes	Temp. °C	RS (mm/día)	RMM	Duración del día (h)	S (%)	Radiación Solar Mensual	ETP (mm)
Enero	15.2	11.30	350.30	11.2	7.71	87.92	39.14
Febrero	17.3	11.60	324.80	11.6	7.99	82.97	39.29
Marzo	18.4	12.00	372.00	12	8.26	96.65	47.20
Abril	20	12.50	375.00	12.5	8.61	99.44	50.71
Mayo	17.4	12.80	396.80	12.8	8.82	106.47	50.56
Junio	17.4	13.00	390.00	13	8.95	105.46	50.08
Julio	17.6	12.90	399.90	12.9	8.88	107.72	51.45
Agosto	17.7	12.60	390.60	12.6	8.68	103.99	49.80
Septiembre	18.9	12.20	366.00	12.2	8.40	95.88	47.47
Octubre	17.5	11.80	365.80	11.8	8.13	94.24	44.88
Noviembre	16.5	11.40	342.00	11.4	7.85	86.60	40.08
Diciembre	15.5	11.20	347.20	11.2	7.71	87.15	39.15
	17.45			145.2	100.00		549.83



REPUBLICA DE GUATEMALA  
CENTRO AMERICA

**LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"**  
DIRECCION DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública  
y Asistencia Social

**Informe de Análisis Muestra(s) de Aguas Residuales y Lodos**  
**Proyecto para el Desarrollo de Capacidades para la Conservación del Ambiente Acuático**  
**en el Área Metropolitana**

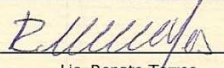
UGCF102  
Rev.1 (1 de 1)

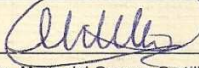
Página 1 de 1

No. del LNS:	MAR10-048	No. del MARN:	
Nombre del Producto/Tipo de Muestra:	AGUA SUPERFICIAL	Procedencia:	FUENTE 1
Condición de la Muestra:	ADECUADA	Tipo de Recipiente:	PLASTICO Y VIDRIO
Remitente:	MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN)	Fecha de Ingreso:	07/04/2010
		Fecha de Egreso:	03/05/2010

**Resultado de Análisis**

ANALISIS	RESULTADO	SEGUN NORMA COGUANOR NGO 29001	
		L.M.A. (*)	L.M.P. (*)
Olor <sup>(1)</sup>	RECHAZABLE <sup>(*****)</sup>	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE
pH <sup>(*****)</sup>	7	7 - 7.5	6.5 - 8.5
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>(5)</sup>	0.036 mg/L	-----	1 mg/L
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>(1)(**)</sup>	4.20 mg/L	-----	10 mg/L
Hierro Total (Fe) <sup>(3)</sup>	0.08 mg/L	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Conductividad <sup>(1)</sup>	206 µS/cm	-----	< 1,500 µS/cm
Turbiedad <sup>(4)(****)</sup>	4.0 UNT	5.0 UNT	15.0 UNT
Color <sup>(1)(****)</sup>	4.9 U Pt-Co	5.0 U Pt-Co	35 U Pt-Co
Temperatura <sup>(*****)</sup>	20 °C	15°C-25°C	34°C
Sólidos Disueltos <sup>(1)</sup>	228 mg/L	500 mg/L	10000 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales <sup>(1)</sup>	18 mg/L	-----	-----
DOO <sup>(2)</sup>	<25 mg/L	-----	-----
DBO <sub>5</sub> <sup>(4)</sup>	<20 mg/L	-----	-----
Fosfatos <sup>(4)</sup>	0.25 mg/L	-----	-----
Coliformes totales <sup>(1)</sup>	>23.0 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL	
<i>Escherichia Coli</i> <sup>(1)</sup>	>23.0 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL	

  
Lic. Renato Torres  
Asesor Profesional Especializado del Ministerio de Ambiente  
y Recursos Naturales

  
Vo.Bo. Licda. María del Carmen Castillo  
Supervisora Área de Contaminantes de Ambiente y Salud

**Método:**

(1) Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 20<sup>th</sup>. Edition 1998

(2) Método Spectroquant Merck. COD Cell Test. 1.14541.0001

(3) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14761.0001

(4) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14543.0001

(5) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14776.0002

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

**OBSERVACIONES:**

(\*) LMA= Límite Máximo Aceptable y LMP= Límite Máximo Permissible (\*\*\*\*\*) Datos tomados in situ por personal del MARN

(\*\*) NITRATOS: Segun Lineamientos Guía Para Calidad Del Agua Potable, 3ra. Edición, OMS. Gineva 2004, el valor máximo es de 50 mg NO<sub>3</sub>-3/L.

(\*\*\*\*) COLOR: U. Unidades de color en la escala Platino-Cobalto

(\*\*\*\*) UNT= Unidades Nefelométricas de Turbiedad

(\*\*\*\*\*) El olor es de agua estancada.

**Impresión 1 de 5**

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
CCH,RT,ERM,HA,NCC/MCC,LD	CT-30-CAS/0277,CT22-CAS/498,MIALR-JICA01-09/218

**ÚLTIMA LÍNEA**

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.

KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.

PBX: 6644-0599 FAX: 6630-6011

E-mail: laboratorio\_nacional\_desalud@yahoo.com

**Figura 23. Análisis de agua fuente 1**



REPÚBLICA DE GUATEMALA  
CENTRO AMÉRICA

**LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"**  
DIRECCIÓN DE REGULACIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública  
y Asistencia Social

**Informe de Análisis Muestra(s) de Aguas Residuales y Lodos**  
**Proyecto para el Desarrollo de Capacidades para la Conservación del Ambiente Acuático**  
**en el Área Metropolitana**

UGCF102  
Rev.1 (1 de 1)

Página 1 de 1

No. del LNS:	MAR10-049	No. del MARN:	
Nombre del Producto/Tipo de Muestra:	AGUA SUPERFICIAL	Procedencia:	FUENTE 2
Condición de la Muestra:	ADECUADA	Tipo de Recipiente:	PLASTICO Y VIDRIO
Remitente:	MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN)	Fecha de Ingreso:	07/04/2010
		Fecha de Egreso:	03/05/2010

**Resultado de Análisis**

ANÁLISIS	RESULTADO	SEGUN NORMA COGUANOR NGO 29001	
		L.M.A. (*)	L.M.P. (*)
Olor <sup>(1)</sup>	RECHAZABLE <sup>(****)</sup>	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE
pH <sup>(*****)</sup>	7	7 - 7.5	6.5 - 8.5
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>(5)</sup>	0.036 mg/L		1 mg/L
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>(1)(**)</sup>	4.20 mg/L		10 mg/L
Hierro Total (Fe) <sup>(3)</sup>	0.08 mg/L	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Conductividad <sup>(1)</sup>	206 µS/cm		< 1,500 µS/cm
Turbiedad <sup>(1)(****)</sup>	4.0 UNT	5.0 UNT	15.0 UNT
Color <sup>(1)(****)</sup>	4.9 U Pt-Co	5.0 U Pt-Co	35 U Pt-Co
Temperatura <sup>(*****)</sup>	20 °C	15°C-25°C	34°C
Sólidos Disueltos <sup>(1)</sup>	228 mg/L	500 mg/L	10000 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales <sup>(1)</sup>	<10 mg/L		
DQO <sup>(2)</sup>	<25 mg/L		
DBO <sub>5</sub> <sup>(1)</sup>	<20 mg/L		
Fosfatos <sup>(4)</sup>	0.25 mg/L		
Coliformes totales <sup>(1)</sup>	23.0 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL	
<i>Escherichia Coli</i> <sup>(1)</sup>	16 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL	

*Renato Torres*

Lic. Renato Torres  
Asesor Profesional Especializado del Ministerio de Ambiente  
y Recursos Naturales

*María del Carmen Castillo*

Vo.Bo. Licda. María del Carmen Castillo  
Supervisora Área de Contaminantes de Ambiente y Salud

**Método:**

- (1) Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 20<sup>th</sup>. Edition 1998  
 (2) Método Spectroquant Merck. COD Cell Test. 1.14541.0001  
 (3) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14761.0001  
 (4) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14543.0001  
 (5) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14776.0002

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

**OBSERVACIONES:**

- (\*) LMA= Límite Máximo Aceptable y LMP= Límite Máximo Permissible (\*\*\*\*\*) Datos tomados in situ por personal del MARN  
 (\*\*\*) NITRATOS: Segun Lineamientos Guía Para Calidad Del Agua Potable, 3ra. Edición, OMS. Gineva 2004, el valor máximo es de 50 mg NO<sub>3</sub>-3/L.  
 (\*\*\*\*) COLOR: U. Unidades de color en la escala Platino-Cobalto  
 (\*\*\*\*\*) UNT= Unidades Nefelométricas de Turbiedad  
 (\*\*\*\*\*) El olor es de agua estancada.

**Impresión 1 de 5**

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
CCh,RT,ERM,MS,WP/MCC,LD	CT-30-CAS/0278,CT22-CAS/499,MIALR-JICA01-09/219

**ÚLTIMA LÍNEA**

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.

KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.  
 PBX: 6644-0599 FAX: 6630-6011  
 E-mail: laboratorio\_nacional\_desalud@yahoo.com

**Figura 24. Análisis fuente de agua**



REPUBLICA DE GUATEMALA  
CENTRO AMERICA

**LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"**  
DIRECCION DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD



Ministerio de Salud Pública  
y Asistencia Social

**Informe de Análisis Muestra(s) de Aguas Residuales y Lodos**  
**Proyecto para el Desarrollo de Capacidades para la Conservación del Ambiente Acuático**  
**en el Área Metropolitana**

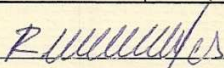
UGCF102  
Rev.1 (1 de 1)

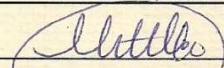
Página 1 de 1

No. del LNS:	MAR10-050	No. del MARN:	
Nombre del Producto/Tipo de Muestra:	AGUA SUPERFICIAL	Procedencia:	FUENTE 3
Condición de la Muestra:	ADECUADA	Tipo de Recipiente:	PLASTICO Y VIDRIO
Remitente:	MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN)	Fecha de Ingreso:	07/04/2010
		Fecha de Egreso:	03/05/2010

**Resultado de Análisis**

ANALISIS	RESULTADO	SEGUN NORMA COGUANOR NGO 29001	
		L.M.A. (*)	L.M.P. (**)
Olor <sup>(1)</sup>	RECHAZABLE(****)	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE
pH <sup>(*****)</sup>	7	7 - 7.5	6.5 - 8.5
Nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>(5)</sup>	0.036 mg/L	-----	1 mg/L
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>(1)(**)</sup>	4.20 mg/L	-----	10 mg/L
Hierro Total (Fe) <sup>(3)</sup>	0.08 mg/L	0.1 mg/L	1.0 mg/L
Conductividad <sup>(1)</sup>	206 µS/cm	-----	< 1,500 µS/cm
Turbiedad <sup>(1)(****)</sup>	4.0 UNT	5.0 UNT	15.0 UNT
Color <sup>(1)(****)</sup>	4.9 U Pt-Co	5.0 U Pt-Co	35 U Pt-Co
Temperatura <sup>(*****)</sup>	20 °C	15°C-25°C	34°C
Sólidos Disueltos <sup>(1)</sup>	228 mg/L	500 mg/L	10000 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales <sup>(1)</sup>	43 mg/L	-----	-----
DOO <sup>(2)</sup>	<25 mg/L	-----	-----
DBO <sup>(1)</sup>	<20 mg/L	-----	-----
Fosfatos <sup>(4)</sup>	0.25 mg/L	-----	-----
Coliformes totales <sup>(1)</sup>	> 23.0 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL
<i>Escherichia Coli</i> <sup>(1)</sup>	> 23.0 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL

  
Lic. Renato Torres  
Asesor Profesional Especializado del Ministerio de Ambiente  
y Recursos Naturales

  
Vo.Bo. Licda. María del Carmen Castillo  
Supervisora Área de Contaminantes de Ambiente y Salud

**Método:**

(1) Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater 20<sup>th</sup>. Edition 1998

(2) Método Spectroquant Merck. COD Cell Test. 1.14541.0001

(3) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14761.0001

(4) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14543.0001

(5) Método Colorimétrico Spectroquant Merck 1.14776.0002

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

**OBSERVACIONES:**

(\*) LMA= Límite Máximo Aceptable y LMP= Límite Máximo Permissible (\*\*\*\*\*) Datos tomados in situ por personal del MARN

(\*\*) NITRATOS: Segun Lineamientos Guía Para Calidad Del Agua Potable, 3ra. Edición, OMS. Gineva 2004, el valor máximo es de 50 mg NO<sub>3</sub>/L.

(\*\*\*) COLOR: U. Unidades de color en la escala Platino-Cobalto

(\*\*\*\*) UNT= Unidades Nefelométricas de Turbiedad

(\*\*\*\*\*) El olor es de agua estancada.

**Impresión 1 de 5**

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
CCh,RT,ERM,MS,WP/MCC,LD	CT-30-CAS/0279,CT22-CAS/500,MIALR-JICA01-09/220

**ÚLTIMA LÍNEA**

Prohibida la reproducción total o parcial de éste documento sin previa autorización del Laboratorio Nacional de Salud.

KM.22 CARRETERA AL PACÍFICO, BÁRCENA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, C.A.

PBX: 6644-0599 FAX: 6630-6011

E-mail: laboratorio\_nacional\_desalud@yahoo.com

**Figura 25. Análisis fuente de agua**

**CAPITULO III**

**SERVICIOS PRESTADOS EN LA UNIDAD DE RECURSOS HIDRICOS Y CUENCAS  
DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**



## 1. PRESENTACION

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN- tiene especial interés en establecer como proyecto modelo y piloto para manejo de cuencas, la sub-cuenca Río Pasabién, en donde se encuentra ubicada la hidroeléctrica del mismo nombre. Uno de los objetivos es iniciar con el manejo integrado de las cuencas hidrográficas, y al mismo tiempo obtener un beneficio multiplicador para lograr mayor aceptación de este tipo de proyectos de generación de energía eléctrica más económica y amigable con el ambiente. Para realizar dicho proyecto es necesario verificar los compromisos adquiridos por la hidroeléctrica.

Dentro de las actividades de la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- también se programan las capacitaciones a técnicos y a líderes comunitarios, sobre inventarios de fuentes de agua, las cuales se coordinan con el delegado departamental del ministerio.

Como contrapartida del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-asía el Programa Regional de Reducción de Vulnerabilidad y Degradación Ambiental, PREVDA, que es financiado por la Unión Europea, se apoya al resultado número cuatro monitoreo de campo.

Las diferentes etapas que integran el documento de graduación, incluye el programa de servicios, éste tiene como objetivo general, realizar una serie de actividades dentro de la institución donde se realiza dicha práctica en este caso en la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas del MARN, con el propósito de involucrarse más en los aspectos propios de la carrera de Recursos Naturales Renovables y su aplicación a la realidad actual para la solución de la problemática existente.

## **2. Servicio 1. Monitoreo de campo a la hidroeléctrica Pasabién, Teculután Zacapa, Guatemala para corroborar Cumplimiento de pactos sociales establecidos con comunidades y municipalidad.**

### **2.1 Objetivos**

- Evaluar el cumplimiento de los pactos sociales, para definir la elaboración de un plan de manejo de cuencas conjunto con la Hidroeléctrica Pasabién.
- Establecer el cumplimiento del proyecto de canalización de agua a las comunidades por medio de una presa general de distribución.
- Verificar el rebalse permanente en la presa derivadora, para caudal ecológico
- Cuantificar el caudal en las tomas para riego.
- Verificar el área reforestada en la Subcuenca del Río Pasabién.
- Verificar la distribución del servicio de agua potable hacia las 11 comunidades
- Ubicar dentro del área de influencia el proyecto.
- Verificar el cumplimiento de pactos sociales con comunidades.

### **2.2 Metodología**

La metodología utilizada para la inspección de la subcuenca Pasabién para comprobar pactos sociales con la hidroeléctrica, consta de 3 partes:

- Etapa inicial de Gabinete
- Etapa de Campo
- Etapa Final de Gabinete

### **2.1.1 Etapa inicial de gabinete**

#### **Recopilación de información:**

La recopilación de información tuvo como fin fundamentar y enriquecer teóricamente la inspección a realizar, mediante los siguientes pasos:

- Lectura de expediente de compromisos de la hidroeléctrica, enviado por el delegado del Ministerio de Ambiente del departamento de Zacapa.
- Lectura del estudio de impacto ambiental de la Hidroeléctrica Pasabién. (Medidas de mitigación, información básica).

#### **Delimitación de la sub cuenca:**

Inicialmente se procedió a la delimitación de la subcuenca, con la ayuda de una hoja cartográfica y el programa Argis 9.2 (Elaborado por la unidad Sistemas de información Ambiental del MARN).

Ubicación de puntos de aforo:

Se realizaron 4 puntos de aforo (ver anexo 6), los cuales se ubicaron con la ayuda del mapa de la subcuenca, ubicando los lugares de interés según el expediente de compromisos.

### **2.1.2 Etapa de campo**

#### **Reconocimiento del área:**

Se realizaron recorridos de campo, por los distintos senderos y caminos y comunidades que se encuentren dentro del área a inspeccionar principalmente para definir los compromisos de la hidroeléctrica.

#### **Entrevista a pobladores de comunidades dentro de la subcuenca:**

Se entrevistó a personas de las comunidades sobre el abastecimiento de agua.

#### **Observación de campo:**

Se pudo verificar las plantaciones forestales y las áreas que cuentan con cobertura forestal.

**Realización de aforos:**

El caudal del río se calculó de acuerdo al método de aforo de sección velocidad, por medio de flotadores, en este caso se utilizó un trozo de madera. Para el cálculo de la velocidad media, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad superficial} = \frac{\text{longitud del tramo (m)}}{\text{Tiempo promedio (seg.)}}$$

$$V_m = 0.9 \cdot V_s$$

Donde:  $V_m$  = Velocidad media.

$V_s$  = Velocidad Superficial

El área de la sección transversal:

$$\text{Se calculó: } A = \frac{(a + 2b + c) \times L}{4}$$

Donde:  $A$  = Cualquier área parcial de la sección

$L$  = Ancho del área parcial o longitud (2 l)

$$Q = A \times v$$

Donde

$Q$  : Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$A$  : Área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

$V$  : Velocidad (m/s)

### 2.1.3 Etapa final de gabinete.

#### Sistematización de información

En esta etapa se sistematizó la información recopilada y verificada tanto en la fase inicial de gabinete como la información recopilada en campo, realizando las siguientes actividades.

- Elaboración de cálculos de aforos.
- Elaboración de mapa de la subcuenca. Localizando los puntos de aforo y comunidades que están dentro de la subcuenca.
- Se describió la información respecto a las plantaciones forestales
- Se informó sobre el abastecimiento de agua en las comunidades.

### 2.3 Resultados

Se logró verificar el cumplimiento de los pactos sociales, para definir la procedencia de un plan de manejo de cuencas.



**Figura 26. Aforo de caudales**



**Figura 27. Hidroeléctrica Pasabien**



**Figura 28. Reforestación y aforo de caudales**

## **2.4 Evaluacion**

Durante el monitoreo a la hidroeléctrica Pasabién se evaluó el caudal ecológico, las reforestaciones, se logró cuantificar el caudal de los tomas de riego, se verifico los tanques de distribucion de agua potable, todo esto para definir la procedencia de un plan de manejo de cuencas.

## **3. Servicio 2. Módulo de Capacitación sobre inventario de fuentes de agua en la mancomunidad Poconchí Alta Verapaz, Guatemala.**

### **3.1 Objetivos**

- Capacitar a técnicos y a líderes de comunidades para la elaboración de inventario de fuentes de agua.
- Realizar un módulo de capacitación en forma teórica y práctica.
- Distribuir material didáctico sobre el módulo de capacitación.

### 3.2 Metodología

- En los meses de febrero (época Seca) se realiza la logística para realizar la capacitación teórica y práctica en áreas priorizadas del país la unidad mínima de estudio es la microcuenca.
- Se analizan los temas a impartir según el público objetivo.
- Se reproduce el material de apoyo para la capacitación, así también un diploma de participación.
- Se imparte la capacitación en forma teórica y práctica
- Posterior a la capacitación se asigna una persona del público objetivo que es la encargada de recopilar todos los datos de campo, luego los traslada a la unidad de Recursos Hídricos y Cuencas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para crear una base de datos.

### 3.3 Resultados

Se realizó la capacitación en forma teórica y práctica en los municipios Santa Cruz, Tamahú, Tactic, San Cristóbal de la mancomunidad Poqomchí, departamento de Alta Verapaz; la capacitación fue dirigida para treinta líderes comunitarios, y veinte y cinco técnicos con el fin de darles a conocer las herramientas básicas para la elaboración de un inventario de fuentes de agua.



**Figura 29. Entrega de diplomas**



**Figura 30. Práctica de Aforos**



**Figura 31. Capacitación uso GPS**

### **3.4 Evaluación**

Se realizó la capacitación en los municipios Santa Cruz, Tamahu, Tactic, San Cristóbal de la mancomunidad Poqomchi, departamento de Alta Verapaz, se intervinieron 8 microcuencas en las cuales se inventarió las fuentes de agua, las cuales se aforaron y se muestreó la calidad de agua, esta información será básica para crear indicadores ambientales.

**4. Servicio 3. Monitoreo de los proyectos de la Cuenca Alta del Río Samalá-CARS- en los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán, como contrapartida Nacional del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales al Programa Regional de Reducción de Vulnerabilidad y Degradación Ambiental-PREVDA-.**



#### **4.1 Objetivos**

- Evaluar los avances de los proyectos implementados por la Mancomunidad Metrópoli de los Altos, lote uno (mejoramiento biofísico) y lote dos (fortalecimiento institucional) en la Cuenca Alta Río Samalá – CARS-
- Monitoreo de proyectos de reforestaciones, conservación de suelos, protección de fuentes de agua, construcción de invernaderos.
- Verificar las capacitaciones en gestión integrada del recurso hídrico, gestión ambiental, y gestión de riesgos.

#### **4.2 Metodología**

Ya asignado el cronograma semanal de visitas de campo por parte del PREVDA, se procede a visitar cada proyecto o capacitación en el cual se observa y se entrevista al beneficiario.

Todos los datos recolectados se anotan en una boleta de campo, y esta información se descarga en el programa de la Unión Europea, ya que éste genera el avance de los proyectos y genera indicadores.

#### **4.3 Resultados**

Se realizó el monitoreo de los proyectos tanto de lote uno como del lote dos. Informado lo avances vistos así también como medidas correctivas.



**Figura 32. Conservación de suelos**



**Figura 33. Construcción de gaviones Parracana La esperanza Quetzaltenango**



**Figura 34. Protección de fuentes de agua La esperanza Quetzaltenango**



**Figura 35. Vivero Forestal  
La esperanza Quetzaltenango San Carlos Sija**



**Figura 36. Construcción de Invernadero Chuicavioc Quetzaltenango**

#### **4.4 Evaluación**

Se monitorearon los proyectos del PREVDA, a nivel de país el programa cerro con un 76% de ejecución. Este proyecto dejó un gran precedente en la Cuenca alta del río Samalá (CARS) donde los departamentos beneficiados fueron siete municipios del departamento de Quetzaltenango y dos del departamento de Totonicapán.

### **5. BIBLIOGRAFÍA**

1. PREVDA (Programa Regional de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental, GT). 2008a. Diagnostico de la cuenca alta del río Samalá. Guatemala. 116 p.
2. \_\_\_\_\_. 2008b. Plan de manejo de la cuenca alta del río Samalá. Guatemala. 173 p.