

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN,
GUATEMALA, C.A.”; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL MARCO DEL PROYECTO
“IMPACTO HIDROLÓGICO DERIVADO DEL USO DEL SUELO EN PLANTACIONES DE
CONÍFERAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN”**

BAYRON GEOVANY GONZÁLEZ CHAVAJAY

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN,
GUATEMALA, C.A.”; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL MARCO DEL PROYECTO
“IMPACTO HIDROLÓGICO DERIVADO DEL USO DEL SUELO EN PLANTACIONES DE
CONÍFERAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN”

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

POR
BAYRON GEOVANY GONZÁLEZ CHAVAJAY

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

ING. M.Sc. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Elec. Carlos Waldemar de León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajau Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

Guatemala, septiembre de 2018

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de graduación titulado: IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, GUATEMALA, C.A.”; DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL MARCO DEL PROYECTO “IMPACTO HIDROLÓGICO DERIVADO DEL USO DEL SUELO EN PLANTACIONES DE CONÍFERAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Bayron Geovany González Chavajay

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por su infinito amor y darme la oportunidad de concluir esta etapa de vida. Mi gratitud por sus múltiples bendiciones.
- MIS PADRES** En especial a mi madre Lucía Chavajay, por todo su apoyo, amor y consejo incondicional, por sus sabias enseñanzas de trabajo y servicio, fiel defensora de la naturaleza y la vida.
- ESPOSA** Karen Mejía, mi compañera y cómplice de vida, gracias por todo el cariño, amor, paciencia, sacrificio y apoyo que me brinda día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.
- HIJOS** Con mucho amor Henry y Rocío, por ser mi fuente de inspiración.
- MIS HERMANOS** Por todo el cariño y saber que siempre puedo contar con ellos.
- MIS AMIGOS** Gracias por su amistad y por alentarme siempre.
- MIS COMPADRES** Wener Ochoa, Roni Mijangos y David Illescas Dios los bendiga siempre.
- MIS SUEGROS** Por brindarme también su apoyo y sabios consejos.

Mis amigos, compañeros, docentes, personal administrativo y de servicios, de la Gloriosa Facultad de Agronomía.

Mis compañeros y amigos del Centro de Estudios Urbanos y Regionales, gracias por su confianza y apoyo.

A la Federación de Estudiantes de Agronomía de Guatemala, espacio de aprendizaje y formación social.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, por haber culminado esta meta.

Santa María Visitación, Sololá. Pueblecito divino.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Gloriosa y Tricentenaria Alma Mater

Facultad de Agronomía, por brindarme los conocimientos que sustentarán el ejercicio de mi profesión.

Docentes de la FAUSAC, pilares fundamentales en la formación de futuros profesionales de las ciencias agronómicas.

Subárea de Manejo de Suelo y Agua, por su confianza y apoyo, en especial a Dr. Tomás Padilla, Dr. Marvin Salguero y Dr. Anibal Sacbajá.

Centro de Estudios Urbanos y Regionales, por permitir ser parte de su equipo de trabajo y brindar nuevos conocimientos profesionales.

Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara, por su asesoría en el fortalecimiento de este documento, así como sus enseñanzas y su amistad incondicional.

MSc. Juan Carlos Fuentes, por su amistad, apoyo y asesoría en el trabajo de investigación.

Ingeniero Edgar Franco, Dr. Eduardo Velásquez, Arquitecta Irayda Ruiz Bode, Ing. Wilfrido Alcántara, Ing. Wener Ochoa, Arq. Amanda Morán, Ing. Juan Carlos Fuentes, Lic. Florentín Martínez y Dr. Oscar Peláez por brindarme su confianza laboralmente.

Las enseñanzas y consejos de los ingenieros Guillermo Méndez (+) y Domingo Amador (+), así como aquellos amigos y compañeros que partieron a la vida eterna.

Julie Clugage, Ronaldo Camey, Roberto Orellana y Sergio Dionisio por su amistad y apoyo.

A todos ellos: ¡Gracias Totales!

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA

CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO

DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO PANAJACHEL, CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, GUATEMALA, C.A.

1.1	PRESENTACIÓN.....	1
1.2	MARCO REFERENCIAL.....	2
1.3	OBJETIVOS.....	4
1.3.1	General.....	4
1.3.2	Específicos	4
1.4	METODOLOGÍA	5
1.4.1	Localización de la subcuenca (geográfica y política).....	5
1.4.2	Características socioeconómicas	5
1.4.3	Características biofísicas.....	6
1.4.4	Identificación de problemáticas.....	8
1.5	RESULTADOS.....	9
1.5.1	Ubicación geográfica	9
1.5.2	Características socioeconómicas	11
1.5.3	Características biofísicas.....	27
1.5.4	Problemas ambientales	38
1.6	CONCLUSIONES	42
1.7	RECOMENDACIONES	43
1.8	BIBLIOGRAFÍA	44
1.9	ANEXOS.....	46
1.9.1	Árboles de problemas	46
1.9.2	Imágenes de los principales problemas identificados	51

CAPÍTULO II: INVESTIGACION

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, GUATEMALA, C.A

2.1	INTRODUCCIÓN.....	57
2.2	MARCO TEÓRICO.....	59
2.2.1	Marco Conceptual.....	59
2.3	OBJETIVOS.....	73
2.3.1	Objetivo General.....	73
2.3.2	Objetivos Específicos.....	73
2.4	METODOLOGÍA.....	74
2.4.1	Fase de gabinete inicial.....	74
2.4.2	Fase de campo.....	75
2.4.3	Fase de gabinete final.....	76
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	84
2.5.1	Ciclo hidrológico.....	84
2.5.2	Escorrentía superficial.....	90
2.5.3	Infiltración.....	92
2.5.4	Factores que influyen en la recarga hídrica.....	95
2.5.5	Geología.....	103
2.5.6	Uso de la tierra.....	105
2.5.7	Balance hídrico de suelos.....	107
2.5.8	Principales áreas de recarga hídrica natural.....	108
2.5.9	Áreas críticas de recarga hídrica natural.....	111
2.5.10	Lineamientos para la protección y manejo de áreas de recarga hídrica natural.....	113
2.5.11	Fortalecimiento de capacidades locales.....	117
2.6	CONCLUSIONES.....	119
2.7	RECOMENDACIONES.....	120
2.8	BIBLIOGRAFÍA.....	121

	PÁGINA
2.9 ANEXOS	124
2.9.1 Ejemplo de hoja de cálculo de infiltración básica.....	124
2.9.2 Ejemplo de hoja de cálculo de balance hídrico de suelos.....	125

CAPÍTULO III: SERVICIOS

INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO AGROCYT 017-2005: "IMPACTO HIDROLÓGICO DERIVADO DEL USO DEL SUELO EN PLANTACIONES DE CONÍFERAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN.

3.1 PRESENTACIÓN.....	129
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA	130
3.2.1 Objetivo General.....	130
3.3 SERVICIO 1: INSTALACIÓN Y MONITOREO CLIMÁTICO E HIDROMÉTRICO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL	131
3.3.1 Objetivo.....	131
3.3.2 Metas	131
3.3.3 Metodología	132
3.3.4 Resultados.....	134
3.3.5 Evaluación	138
3.3.6 Constancias	139
3.4 SERVICIO 2: PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO.....	140
3.4.1 Objetivos.....	140
3.4.2 Metodología	140
3.4.3 Resultados.....	141
3.5 SERVICIO 3: CONSTRUCCIÓN DE PARCELAS DE ESCORRENTÍA.....	166
3.5.1 Objetivos.....	166
3.5.2 Metodología	166
3.5.3 Resultados.....	167
3.5.4 Constancias	171
3.5.5 Evaluación	172

ÍNDICE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.	Mapa de ubicación geográfica de la subcuenca del río Panajachel.....	9
Figura 2.	Mapa político administrativo.....	11
Figura 3.	Evapotranspiración en la subcuenca del río Panajachel.....	28
Figura 4.	Climadiagrama de la subcuenca del rio Panajachel del año 2006.....	29
Figura 5.	Mapa de zonas de vida.....	31
Figura 6A.	Inadecuado manejo de aguas servidas.....	46
Figura 7A.	Inadecuado manejo de aguas servidas.....	47
Figura 8A.	Alta degradación del suelo.....	47
Figura 9A.	Baja calidad del agua para consumo humano.....	48
Figura 10A.	Deficiente manejo de desechos sólidos.....	48
Figura 11A.	Árbol de problemas, sobre utilización de la tierra.....	49
Figura 12A.	Escaso manejo de los bosques naturales de pino.....	49
Figura 13A.	Árbol de problemas, incremento en el cambio del uso de la tierra.....	50
Figura 14A.	Aumento de la deforestación.....	50
Figura 15A.	Contaminación de los recursos hídricos.....	51
Figura 16A.	Deficiente sistema de tuberías para distribución de agua entubada.....	51
Figura 17A.	Erosión Hídrica.....	52
Figura 18A.	Fuentes de agua para consumo humano.....	52
Figura 19A.	Deficiente manejo de desechos sólidos.....	53
Figura 20A.	Uso inadecuado de la tierra.....	53
Figura 21A.	Cambio de uso de la tierra.....	54
Figura 22A.	Deforestación.....	54
Figura 23.	Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas y puntos de aforo.....	85
Figura 24.	Mapa hipsométrico e hidrográfico.....	88
Figura 25.	Comportamiento del caudal (m ³ /s) de los puntos de aforo.....	91
Figura 26.	Mapa de serie de suelos.....	101
Figura 27.	Mapa de unidades geológicas.....	104
Figura 28.	Mapa de uso de la tierra del año 2006.....	106

	PÁGINA
Figura 29. Mapa de áreas de recarga hídrica.....	110
Figura 30. Mapa de áreas críticas de recarga hídrica natural.	112
Figura 31A. Ejemplo de gráfica de infiltración básica.	124
Figura 32. Esquema de la unidad experimental.	167
Figura 33. Esquema de borde para el confinamiento de las parcelas.....	168
Figura 34. Ilustración de zanja	168
Figura 35. Diseño del canal colector	169
Figura 36. Canales colectores.....	170
Figura 37. Diseño de agujeros para canales colectores.....	170
Figura 38. Áreas para el establecimiento de parcelas de escorrentía.	171
Figura 39. Construcción de parcelas de escorrentía.	172

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Coordenadas de ubicación de la subcuenca del río Panajachel.....	9
Cuadro 2. Áreas municipales comprendidas dentro de la subcuenca.	10
Cuadro 3. Población total por lugar poblado.....	13
Cuadro 4. Municipio, área, población y densidad poblacional	14
Cuadro 5. Población por grupo etario	15
Cuadro 6. Tasa de escolaridad por nivel escolar y por sexo, según municipio	16
Cuadro 7. Población por grupo étnico	18
Cuadro 8. Organizaciones gubernamentales.	20
Cuadro 9. Organizaciones no gubernamentales.	22
Cuadro 10. Número de fincas y extensión en la subcuenca del río Panajachel.	24
Cuadro 11. Ocupación laboral	25
Cuadro 13. Zonas de vida de la subcuenca del río Panajachel	30
Cuadro 14. Capacidad de uso de la tierra de la subcuenca del río Panajachel.....	34
Cuadro 15. Uso actual de la tierra de la subcuenca del río Panajachel.....	34
Cuadro 16. Rangos de pendientes y porcentajes de la subcuenca del río Panajachel .	35
Cuadro 17. Intensidad de uso de la tierra, de la subcuenca del río Panajachel.	35
Cuadro 18. Inventario forestal de la finca Santa Victoria.....	36
Cuadro 19. Valores de Infiltración básica por efecto de la pendiente (Kp).	80
Cuadro 20. Valores de Infiltración básica por efecto de la cobertura vegetal (Kv).	80
Cuadro 21. Matriz de criterios de geología.	81
Cuadro 22. Matriz de criterios de infiltración básica.	82
Cuadro 23. Matriz de criterios de pendiente.	82
Cuadro 24. Matriz de criterios de recarga anual.	83
Cuadro 25. Criterios de susceptibilidad de áreas a ser consideradas áreas críticas.	83
Cuadro 26. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.....	84
Cuadro 27. Datos de precipitación pluvial mensual en mm, registrados en las estaciones meteorológicas.....	87
Cuadro 28. Datos de temperatura media mensual (°C).....	89
Cuadro 29. Evapotranspiración potencial mensual en mm.....	89

	PÁGINA
Cuadro 30. Registro promedio de caudal (m^3/s) registrado en cada punto de aforo	90
Cuadro 31. Aforos diferenciales de la subcuenca del río Panajachel	91
Cuadro 32. Unidades de muestreo	93
Cuadro 33. Infiltración básica de suelos por unidad de muestreo.....	94
Cuadro 34. Coeficiente de infiltración, por unidad de muestreo.....	95
Cuadro 35. Precipitación media mensual en mm, por unidad de muestreo.	96
Cuadro 36. Precipitación efectiva diaria y mensual, por unidad de muestreo.....	97
Cuadro 37. Evapotranspiración potencial media mensual en mm, por unidad de muestreo.	98
Cuadro 38. Propiedades físicas de los suelos, por unidad de muestreo.	99
Cuadro 39. Series de suelos presentes en la subcuenca del río Panajachel.....	99
Cuadro 40. Periodos y materiales geológicos de la subcuenca del río panajachel....	103
Cuadro 41. Uso actual de la tierra de la subcuenca del río Panajachel	105
Cuadro 42. Resumen de la recarga potencial por unidad, en la subcuenca.	107
Cuadro 43. Balance hídrico de suelos con datos mensuales.....	108
Cuadro 44. Clasificación de recarga potencial, por unidad de muestreo.	109
Cuadro 45. Principales áreas de recarga potencial	109
Cuadro 46. Extensión de áreas susceptibles.	113
Cuadro 47. Clasificación de susceptibilidad.....	113
Cuadro 48 A. Cálculo de infiltración	124

RESUMEN

El agua es un recurso natural, finito y vulnerable, además es un elemento vital para el desarrollo de las actividades humanas y de los procesos naturales. En Guatemala el recurso hídrico es abundante pero muy vulnerable, que ha generado mucha discusión y controversia, debido al uso inadecuado que se le está dando.

El impacto que sufre se debe a muchos factores naturales y antrópicos, entre los que podemos mencionar; crecimiento demográfico, urbanización, industrialización, cambios en el uso del suelo, malas prácticas agropecuarias y forestales, contaminación, impermeabilización de las áreas de recarga hídrica y el aumento de la demanda.

Realizar un diagnóstico del área, permitió conocer los recursos existentes, así como el estado de los mismos y problemas de índole socioeconómico y ambiental, el mismo se constituyó en una herramienta importante dentro del conocimiento de la subcuenca bajo estudio, esto, porque permitió formular estrategias encaminadas a lograr un uso eficiente de los recursos y en la mejora de las condiciones ambientales en la subcuenca, enmarcado dentro del concepto de la sostenibilidad.

El presente trabajo realizado dentro de la subcuenca del río Panajachel, constituye una caracterización de los principales aspectos sociales, naturales y económicos del área, el cual sirvió como base para elaborar propuestas de servicios e investigación tales como la determinación de áreas de recarga hídrica natural dentro de la subcuenca, estudio que permitirá un uso eficiente de los recursos y la disminución del riesgo a desastres, siendo estos, un común denominador dentro de las cuencas del occidente y altiplano guatemalteco.

La subcuenca del río Panajachel forma parte de la denominada Reserva de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA), es un área protegida bajo la administración del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), dentro de sus principales características de acuerdo al Plan Maestro, es un área prioritaria de recarga hídrica a nivel nacional que

abastece varios municipios y fincas del departamento de Sololá. La subcuenca, es una unidad hidrográfica especial, ya que pertenece a la cuenca del Lago de Atitlán, posee un área de 74.37 km², el área de estudio abarca parte de los departamentos de Sololá y Quiché.

En el diagnóstico realizado en la subcuenca del río Panajachel, los principales problemas ambientales identificados son el cambio del uso de la tierra por el avance de la frontera agrícola, deforestación, contaminación de los principales recursos hídricos por el manejo inadecuado de las aguas servidas y desechos sólidos.

Dentro de la subcuenca existen varias fuentes de recursos hídricos que abastecen de agua a la mayoría de habitantes para consumo familiar, uso agrícola y otros usos, sin embargo la falta de manejo y sostenibilidad puede afectar en un futuro a los pobladores que se benefician con estos recursos. Las zonas de mayor recarga hídrica son las más afectadas debido al aumento de la frontera agrícola ocasionada por la demanda de tierras, de los habitantes de la región, actualmente estas zonas tienen muy poca protección boscosa.

La investigación permitió identificar las principales áreas de recarga hídrica natural en la subcuenca, determinando que en la parte alta es donde hay mayor recarga, debido a la topografía del terreno existen áreas con mucha pendiente y pedregosidad que impide a que sean áreas con un alto potencial de recarga hídrica, en la parte media y baja de la subcuenca tienen una recarga baja o nula. Además se identificaron las áreas críticas de recarga, considerando que áreas con mayor susceptibilidad debieran de tener un mejor manejo para que no tenga un impacto hacia la subcuenca que puede ocasionar daños a la población, turismo, infraestructura y a los recursos naturales.

El 31.45% del área total de la cuenca tienen una susceptibilidad alta, el 38.51 % representa una susceptibilidad moderada y el 30.04% susceptibilidad baja. El porcentaje de susceptibilidad baja tienen un valor aceptable, esto se debe a que en la parte oriente de la subcuenca está ubicada la finca Santa Victoria, que cuenta con una plantación forestal, que cubre aproximadamente el 25 % del total del área de la subcuenca, de no existir esta finca, tendría un aumento a susceptibilidad alta.

Parte de los servicios realizados fue el monitoreo de las estaciones meteorológicas de las estaciones ubicadas en el municipio de Panajachel, Escuela de Formación Agrícola (EFA) y Finca Santa Victoria, donde se recolectaron y tabularon los datos diarios de precipitación, temperatura, desde julio del 2006 hasta junio de 2007.

De acuerdo a los registros obtenidos, la precipitación máxima anual se registró en la estación El Tablón con 1,462.9 mm y la menor precipitación registrada es la de Panajachel con 1,202.9 mm comportándose de acuerdo a la orografía del terreno, en las partes altas mayor precipitación y en la parte baja de la subcuenca menor precipitación. La distribución de las lluvias son uniformes en toda la subcuenca, presentando una época seca de noviembre a abril y una época lluviosa de mayo a octubre. También se realizaron mediciones de caudales en varios puntos del cauce del río Panajachel, en total se realizaron 33 aforos como parte del monitoreo hidrológico. En todos los cauces hay un incremento de caudal a partir del mes de mayo y tiende a descender hasta en el mes de noviembre, siguiendo el patrón de lluvias de la región.

Dentro de los servicios se realizó un plan de manejo para mitigar los problemas socioeconómicos y biofísicos encontrados en la subcuenca del Río Panajachel. Por último se propone una metodología para la construcción de parcelas de escorrentía para la medición de sedimentos.



CAPÍTULO I

**“DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA SUBCUENCA DEL RIO PANAJACHEL,
CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, GUATEMALA, C.A.”**

1.1 PRESENTACIÓN

Para planificar el manejo del recurso suelo de una determinada área geográfica, es necesario valerse de la unidad de manejo, la cual puede ser una cuenca, una subcuenca o bien una microcuenca, esto dependerá de la intensidad del estudio, así mismo implicará la participación de un equipo multidisciplinario.

El comienzo de la planificación de manejo de los recursos presentes en la unidad básica de estudio, inicia en la caracterización de aspectos sociales, económicos y biofísica. Los cuales generaran valores cualitativos y cuantitativos de sus problemas y oportunidades, con la finalidad de proponer proyectos que permitan aprovechar los recursos bajo el modelo sostenible y sustentable, implicando que estos sean económicamente rentables, socialmente aceptables y ambientalmente viables.

En el presente trabajo se plasman los aspectos de caracterización de la subcuenca de Río Panajachel, el cual se conoce también con el nombre de Río San Francisco. En esta subcuenca es de suma importancia realizar estudios de este tipo debido a la problemática que presenta en cuanto a desastres originados por fenómenos climáticos, tal es el caso de la ocurrencia de la tormenta tropical Stan en octubre del año 2005, dejando pérdidas cuantiosas de vidas humanas, infraestructura y medio ambiente.

La caracterización de esta subcuenca generó información útil que sirvió posteriormente como herramienta para conocer la realidad socioeconómica y ambiental de la subcuenca, priorizar las actividades y/o proyectos necesarios y la generación de nuevas investigaciones principalmente en la temática de recursos hídricos.

1.2 MARCO REFERENCIAL

La subcuenca del río Panajachel, es una unidad hidrográfica especial, ya que pertenece a la cuenca del lago de Atitlán, posee un área de 74.37 km², el área de estudio abarca los departamentos de Sololá y Quiché.

De acuerdo a la división administrativa del país, la subcuenca del río Panajachel se encuentra entre las regiones VI y VII. El área de estudio comprende 5 municipios, 21 poblados del departamento de Sololá y 1 municipio, 6 poblados del departamento de Quiché.

La subcuenca del río Panajachel forma parte de la denominada Reserva de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago de Atitlán (RUMCLA), es un área protegida bajo la administración del el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), dentro de sus principales características de acuerdo al Plan Maestro, es un área prioritaria de recarga hídrica a nivel nacional que abastece varios municipios y fincas del departamento de Sololá.

La RUMCLA es un área protegida que forma parte de la Cadena Volcánica del Occidente, ubicada al sureste en el altiplano de Guatemala, la cual ocupa la mayor parte del departamento de Sololá y pequeñas áreas de los departamentos de Totonicapán y Quiché hacia el norte, y Suchitepéquez hacia el sur.

La Cuenca del Lago y las faldas de los volcanes adyacentes, fueron declaradas como “Parque Nacional Atitlán” el 26 de mayo de 1955, declaratoria fue realizada sin la elaboración de bases técnicas y sociales para su diseño, abarcando un área de 625 kilómetros cuadrados que contienen toda la cuenca de Atitlán y sus alrededores. Posteriormente en el año de 1997, a través de un estudio técnico de recategorización cambió su clasificación a Reserva de Uso Múltiple.

A continuación se presentan las características del área:

- Área protegida: Subcuenca del río Panajachel
- Código: RUM
- Categoría de manejo: Reserva de uso múltiple
- Tipo de categoría de manejo: Tipo III
- Ubicación Sololá y Quiché,
- Administrador: CONAP
- Legal: Declaratoria: Acuerdo Gubernativo 05-55, Decreto de Ley.4-89.
- Año de declaratoria: 1955

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Conocer los aspectos socioeconómicos, biofísicos y problemáticas ambientales de la subcuenca del río Panajachel, con la finalidad de proponer insumos para la elaboración de un plan de manejo e investigación en torno al uso del suelo y recursos hídricos.

1.3.2 Específicos

1. Determinar las características socioeconómicas relevantes de la subcuenca.
2. Determinar las características biofísicas sobresalientes de la subcuenca.
3. Identificar las principales problemáticas ambientales y socioeconómicas de la subcuenca.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Localización de la subcuenca (geográfica y política).

La delimitación de la cuenca se realizó mediante la utilización de Información cartográfica digital del IGN, haciendo uso de software SIG, a una escala 1:50,000. Para la delimitación política administrativa, se utilizó como apoyo la información digital generada por el Instituto Nacional de Estadística y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, delimitando los municipios encontrados dentro de la subcuenca del río Panajachel.

1.4.2 Características socioeconómicas

Se obtuvo mediante a la revisión de datos censales del XI Censo Poblacional y VI de Habitación del 2002 y IV Censo Nacional Agropecuario del 2003 del Instituto Nacional de Estadística (INE), obteniendo la información siguiente:

- Demografía
- Nivel de ingresos económicos
- Educación
- Idiomas
- Migraciones
- Tenencia de la tierra
- Actividades productivas

Visitas a los centros de documentación de:

- Municipalidades, se obtuvo información en cuanto a las organizaciones sociales, infraestructura física y servicios.
- Sistema de Información Gerencial del Ministerio de Salud Pública (SIGSA): salud y sanidad pública; donde se obtuvo datos de las principales enfermedades, y los centros de salud en el área, o más cercanas a las poblaciones.
- Centros de salud, de los municipios para obtener información en cuanto a salud y sanidad pública.

- Unidad informática del Ministerio de Educación (MINEDUC), se revisaron los indicadores educativos para obtener información sobre la educación del área de estudio.
- Revisión de mapas generados en cuanto a los indicadores sociales
- Centro de Divulgación de Agronomía (CEDIA): donde se recopiló información de tesis y diagnósticos del área.

Además se recopiló información secundaria en las siguientes instituciones:

- AMSCLAE
- CONAP
- FONAPAZ
- MARN
- INE
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD
- FAO
- MAGA
- SEGEPLAN
- CONALFA
- ASOCIACIÓN VIVAMOS MEJOR
- MANKATITLÁN

1.4.3 Características biofísicas

Se determinaron las siguientes características biofísicas.

- Clima

Se obtuvo información generada por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de la estación meteorológica tipo A “El Tablón” para obtener los datos de temperatura media, precipitación, humedad relativa y evaporación tanque.

- Isoyetas.

Se realizaron con los datos de precipitación, obtenidos de la estación meteorológica y datos proporcionados por la Finca Santa Victoria.

- Climadiagrama

Para la elaboración del climadiagrama se utilizaron los datos de humedad relativa, precipitación media, evapotranspiración y temperatura media.

- Zonas de vida

Para la determinación de la zona de vida, se utilizó el mapa de zonas de vida propuesto por de la Cruz con la metodología de Holdridge, en la cual se realiza una descripción completa de sus características bio-climáticas.

- Recursos hídricos

Morfométría de la cuenca: para la determinación de los aspectos morfométricos de la subcuenca se empleó un como equipo un curvímetro y material principal las hojas cartográficas de Chichicastenango y de Sololá de número 1960I 1960II respectivamente.

Hidrometría: se realizaron 5 aforos en las corrientes principales, hasta su desembocadura con el método de sección-velocidad por flotadores, con la finalidad de obtener el valor del caudal en (m^3/s), las características de ancho y profundidad del perfil, así como la influencia o afluencia del cauce.

- Balance hídrico de suelos

Se realizaron dos balances hídricos de suelos uno en la parte alta y otro en la parte baja de la subcuenca. El criterio que se utilizó fue la variación del clima, debido a que influye en aspectos de precipitación y el tipo de material presente en el suelo. Se utilizó el método de Thornthwaite, el cual involucra aspectos de precipitación pluvial, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, cambio en el almacenamiento de agua en el suelo, almacenamiento del suelo, excedente y déficit de humedad, todos los valores de forma mensual, calculados para un año.

- Fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación se determinaron en el campo de manera visual, pudiendo ser estas influenciadas por basureros, drenajes de aguas negras, etc.

- Calidad de agua

Se determinó con datos proporcionados por los monitoreos realizados por AMSCLAE.

- Capacidad de uso

Para la capacidad de uso de la tierra se utilizó la metodología del INAB con la matriz de Tierra Altas Volcánicas, la variable pendiente se determinó mediante la utilización de herramientas en software SIG, la profundidad efectiva del suelo se determinó mediante barrenamientos de suelos de acuerdo a las unidades fisiográficas.

- Uso actual.

Se realizó una fotointerpretación en fotografías áreas de escala 1: 40,000, corroborando cada una de las áreas en una visita de campo. De acuerdo a la metodología de UGI se nombraron los distintos usos de la tierra.

- Intensidad de Uso.

La intensidad de uso se determinó sobreponiendo el mapa de capacidad de uso y el mapa de uso actual de la tierra, y así se determinaron las siguientes intensidades: uso correcto, subuso y sobreuso.

- Inventario forestal:

Determinado con los datos dasométricos (dpa, áreas cubiertas con bosque, etc) proporcionados por la administración de la Finca Santa Victoria.

1.4.4 Identificación de problemáticas

Para la identificación de las principales problemáticas se realizaron diagramas de causa y efecto, así como el análisis de información de gabinete y trabajo de campo.

1.5 RESULTADOS

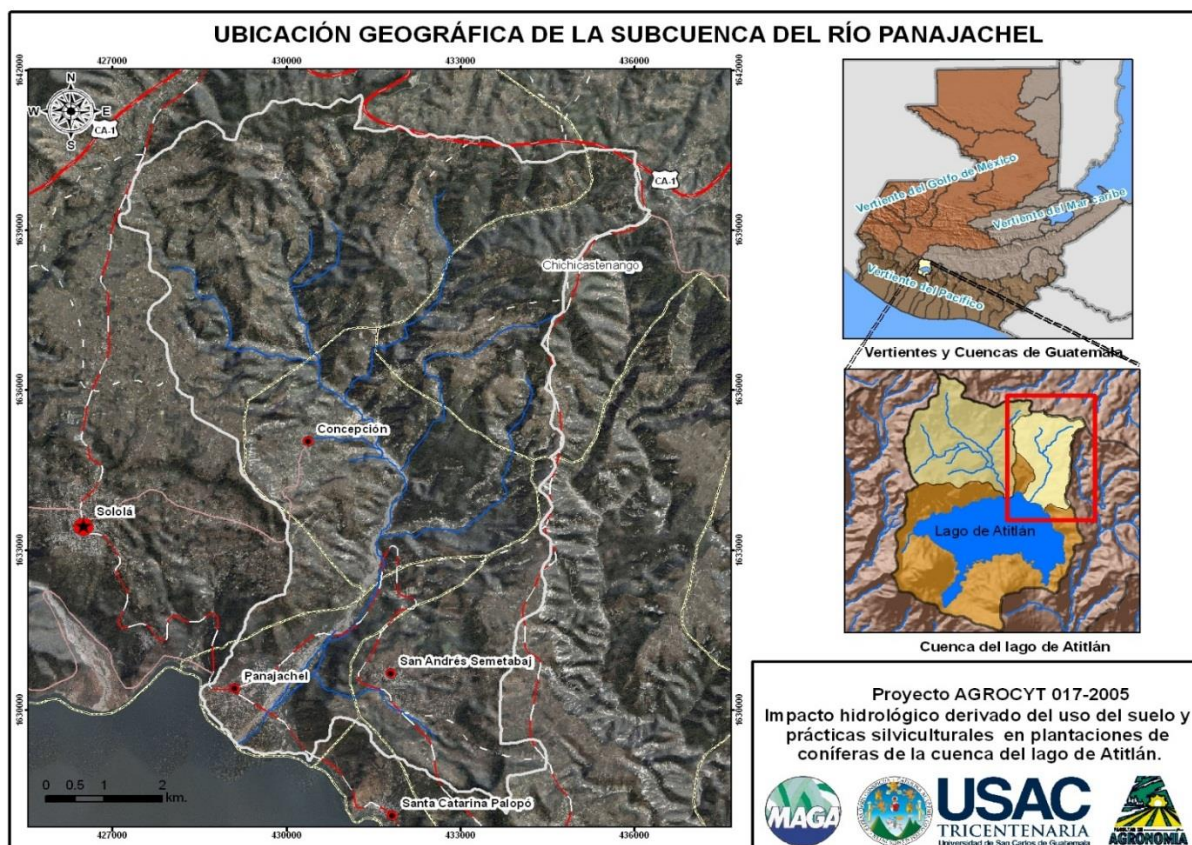
1.5.1 Ubicación geográfica

La subcuenca del río Panajachel pertenece a la cuenca del lago de Atitlán, ubicada en la vertiente del Océano Pacífico (figura 1). La subcuenca tiene un área de 74.37 km² y está ubicada en las coordenadas, presentadas en el cuadro 1.

Cuadro 1. Coordenadas de ubicación de la subcuenca del río Panajachel.

Ubicación	X(m)	Y (m)
Parte superior	1641923	0700339
Punto de aforo	1629557	0698559
Punto Oeste	1635681	0697562
Punto Este	1635681	0703495

Fuente: Elaboración propia, 2008.



Fuente: Elaboración propia, 2008.

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la subcuenca del río Panajachel

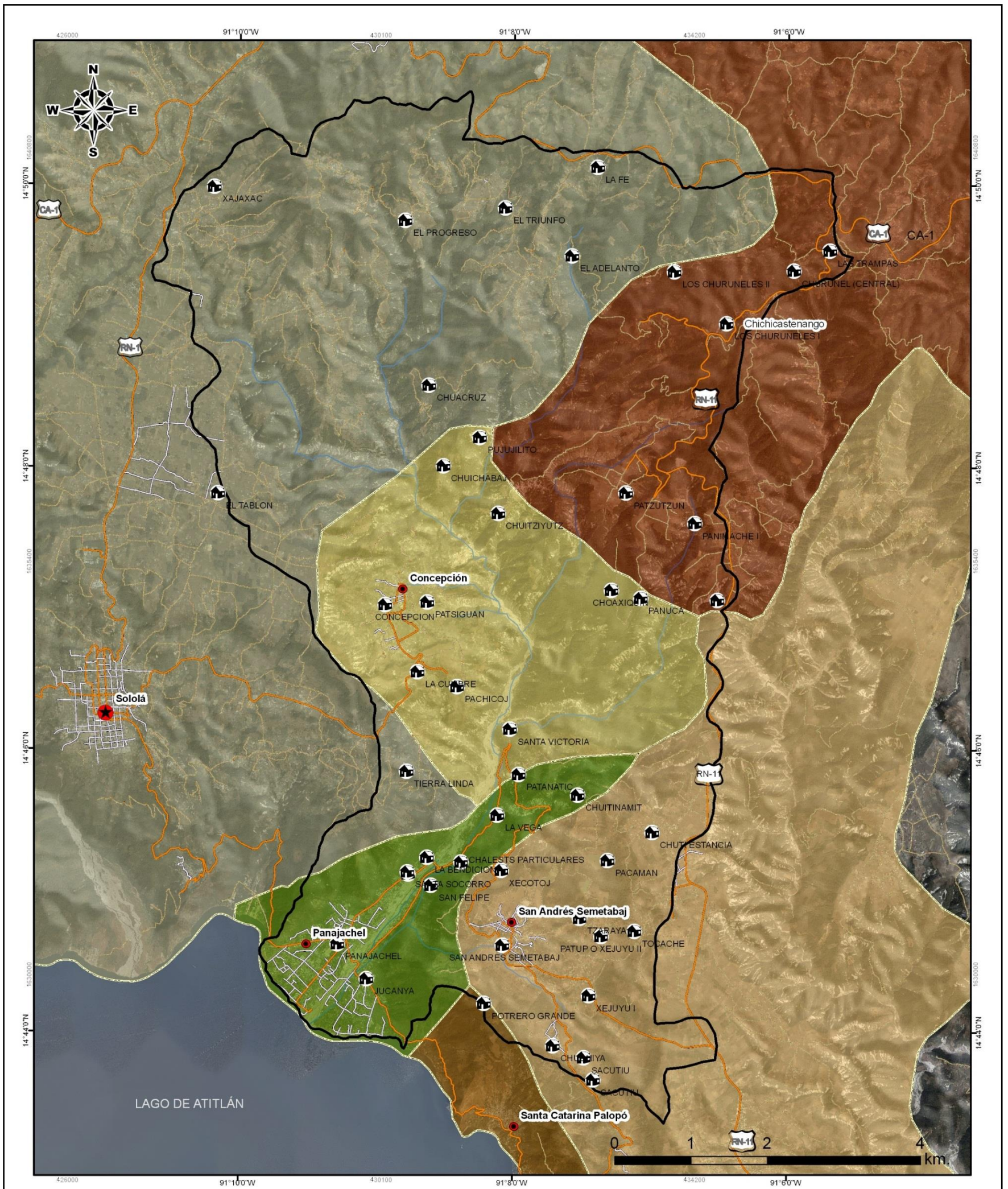
A. Ubicación político-administrativa

El área de estudio se encuentra entre las regiones VI y VII, ubicado en el occidente de la república de Guatemala, la subcuenca del río Panajachel comprende 5 municipios, 21 poblados del departamento de Sololá; 1 municipio y 6 poblados del departamento de Quiché. Según el cuadro 2, el departamento de Sololá tiene una extensión de 84.46 % dentro de la subcuenca, divididos entre de los municipios de Sololá, Panajachel, Concepción, San Andrés Semetabaj y Santa Catarina Palopó, y el departamento de Quiché cubre un extensión de 15.54 % de la subcuenca, específicamente en el municipio de Chichicastenango.

Cuadro 2. Áreas municipales comprendidas dentro de la subcuenca.

Departamento	Municipio	Poblado	Categoría	Área del municipio (km ²)	%
Sololá	Sololá	Xajaxac	Aldea	27.88	38.17
		Tierra Linda	Caserio		
		El Progreso	Caserio		
		Churunel (Central)	Caserio		
		El Mirador	Caserio		
		El Adelanto	Caserio		
		La Fe	Aldea		
		El Triunfo	Caserio		
		El Tablón	Caserio		
		Los Churuneles II	Caserio		
		Los Churuneles I	Caserio		
	Pujujilito	Caserio			
	Panajachel	Panajachel	Pueblo	7.07	9.67
		Jucanya	Caserio		
		Patanatic	Aldea		
	Concepción	Concepción	Pueblo	14.96	20.47
	San Andrés Semetabaj	San Andrés Semetabaj	Pueblo	10.70	14.64
		Chuchiya	Caserio		
		Tocache	Caserio		
Panimatzalam		Caserio			
Xejuyu I		Caserio			
Chuti Estancia	Caserio				
El Quiche	Chichicastenango.	Patzutzun	Aldea	11.36	15.54
		Pacamán	Caserio		
		Panimache I	Caserio		
		Las Trampas	Caserio		

Fuente: Elaboración propia, 2008.



MAPA POLÍTICO - ADMINISTRATIVO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL.

<p style="text-align: center;">LEYENDA</p> <p>Municipios ubicados en la subcuenca</p> <p><i>Departamento de Sololá</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Concepción Panajachel Sololá San Andrés Semetabaj Santa Catarina Palopó <p><i>Departamento de El Quiché</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Santo Tomás Chichicastenango 	<ul style="list-style-type: none"> Centros poblados Red Vial Asfaltado No Asfaltado Subcuenca del río Panajachel Lago de Atitlán
<p>PROYECCIÓN : Guatemala Transversa de Mercator -GTM-, DATUM: WGS84 zona 15 Norte Elaborado por: Bayron González <i>Guatemala, Septiembre de 2008</i></p>	<p style="text-align: center;">PROYECTO AGROCYT 017 - 2005 "Impacto hidrológico derivado del uso del suelo y prácticas silviculturales en plantaciones de coníferas en la cuenca del lago de Atitlán"</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> </div> <p style="text-align: center;">Facultad de Agronomía -FAUSAC- Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC- Instituto Nacional de Bosques -INAB- Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario -AGROCYT- Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria -PARPA- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-</p> <p style="font-size: small; text-align: center;"><i>Fuente: Elaboración propia con información de cartografía digital del MAGA e IGN, (Escala 1:50,000 y 250:000); IDE-SEGEPLAN y Censo INE (2002)</i></p>

Figura2. Mapapolíticoadministrativo

1.5.2 Características socioeconómicas

1.5.2.1 Demografía

A. Población

De acuerdo al XI censo nacional de población del Instituto Nacional de Estadística, la subcuenca del río Panajachel tiene aproximadamente 47,537 habitantes, con una densidad poblacional de 651 habitantes/km².

En el cuadro 3, se muestran los poblados que cuentan con mayor población, donde La Fe, Xajaxac, Panajachel, cuentan con poblaciones mayor de 5,000 habitantes, seguidos están: Jucanya, Concepción, San Andrés Semetabaj, y El Adelanto, con más de 1,000 habitantes y el resto de los poblados con menos de 1,000 habitantes.

Cuadro 3. Población total por lugar poblado

Lugar poblado	Categoría	Población, Total
Xajaxac	Aldea	6,214
Tierra Linda	Caserío	826
El Progreso	Caserío	637
Churunel (Central)	Caserío	236
El Mirador	Caserío	243
El Adelanto	Caserío	1,702
La Fe	Aldea	9,969
El Triunfo	Caserío	554
El Tablón	Caserío	954
Pujujilito	Caserío	175
Panajachel	Pueblo	7,183
Jucanya	Caserío	3,055
Patanatic	Aldea	904
Concepción	Pueblo	2,802
San Andrés Semetabaj	Pueblo	2,372
Chuchiya	Caserío	131
Tocache	Caserío	201
Panimatzalam	Caserío	669
Xejuyu I	Caserío	477
Chuti Estancia	Caserío	988
Santa Catarina Palopo	Pueblo	2,445
Patzutzun	Aldea	1,239
Panuca	Caserío	113
Los Churuneles II	Caserío	322
Los Churuneles I	Caserío	438
Panimache I	Caserío	1,956
Las Trampas	Caserío	732
Total		47,537

Fuente: XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002.

B. Densidad poblacional

En el área de estudio, además de que los poblados se encuentran dispersos, presentan densidades altas de población en el cuadro 4 se observa que los municipios dentro de la subcuenca que tienen mayor densidad de población son Chichicastenango y Panajachel con una densidad mayor a 1,000 hab/km², seguidos de Sololá y San Andrés Semetabaj con rangos mayores 300 hab/km², los demás municipios presentan densidades menores. La densidad poblacional promedio dentro de la cuenca es de 651 hab /km² categorizada como de densidad alta.

Cuadro 4. Municipio, área, población y densidad poblacional

Municipio	Área km ²	Población	Densidad poblacional hab./km ²
Sololá	27.88	21,510	772
Panajachel	7.07	11,142	1,576
Concepción	14.96	2,802	187
San Andrés Semetabaj	10.70	4,838	452
Santa Catarina Palopó	1.10	2,445	223
Chichicastenango	11.36	4,800	423
Total	73.07	47,537	651

Fuente: XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002.

C. Población por grupo etario

La distribución de la población muestra tendencias importantes de acuerdo a diferentes rangos de edad en el área de estudio entre ellas, las que se presentan en el Cuadro 6. La población 15-64 años representa el 50.64 % (24,074 habitantes) eso quiere decir que la mitad de la población está por incorporarse o ya se encuentra en el mercado laboral. La población menor representa un 46.03 % (21,879 habitantes) y la población en edad de retiro un 3.33 % (1,584).

Cuadro 5. Población por grupo etario

Poblado	Grupo de edad			
	0 - 6	7 - 14	15 - 64	65 Y Más.
Xajaxac	1,481	1,551	2,971	211
Tierra Linda	208	217	377	24
El Progreso	158	155	308	16
Churunel (Central)	61	58	110	7
El Mirador	56	68	116	3
El Adelanto	389	454	814	45
La Fe	234	224	475	21
El Triunfo	142	129	275	8
El Tablón	2,225	2,364	5,076	304
Pujujilito	41	38	90	6
Panajachel	1,257	1,512	4,098	316
Jucanya	589	653	1,727	86
Patanatic	215	211	444	34
Concepción	683	730	1,312	77
San Andrés Semetabaj	464	512	1,279	117
Chuchiya	29	31	64	7
Tocache	51	31	112	7
Panimatzalam	150	171	322	26
Xejuyu I	103	110	246	18
Chuti Estancia	274	253	439	22
Santa Catarina Palopo	563	602	1,224	56
Patzutzun	343	309	556	31
Panuca	37	22	50	4
Los Churuneles II	87	77	145	13
Los Churuneles I	107	104	210	17
Panimache I	461	477	930	88
Las Trampas	212	196	304	20
Total	10,620	11,259	24,074	1584

Fuente: XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002.

1.5.2.2 Nivel de ingreso económico

A. Salario Mínimo

Los salarios de las familias del área son diferentes de acuerdo a los criterios, por un lado, existen salarios a niveles de jornales de trabajo que están estabilizados entre Q. 35.00 y Q. 45.00, otros ingresos son determinados por la propia producción de subsistencia.

B. Ingreso Promedio

A nivel de ingresos por los niveles de pobreza de acuerdo al mapa de pobreza de Guatemala y que están calculados indican que a nivel de pobreza Q. 4,020.00 y extrema pobreza Q.1,874.00.

1.5.2.3 Educación

En el área de estudio se atienden todos los niveles educativos y el número de estudiantes con un nivel educativo se puede considerar bajo con un promedio de 26% en el nivel diversificado. En el cuadro 6 se muestra la tasa de escolaridad por nivel escolar y sexo por municipio dentro del área de la subcuenca.

Cuadro 6. Tasa de escolaridad por nivel escolar y por sexo, según municipio

Municipio	Primaria		Básicos		Diversificado	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Sololá	74.34%	67.14%	18.90%	14.75%	15.26%	11.62%
Concepción	63.29%	43.68%	*	*	*	*
San Andrés Semetabaj	73.11%	72.31%	20.32%	28.46%	4.91%	15.38%
Panajachel	63.41%	60.94%	31.95%	24.93%	23.67%	20.10%
Santa Catarina Palopó	70.40%	62.40%	4.05%	3.13%	*	*
Chichicastenango.	80.75%	76.47%	91.82%	77.37%	30.84%	17.98%

Fuente: MINEDUC, 2007.

De acuerdo a los registros del Ministerio de educación para el año, 2006 en el municipio de Concepción no se prestaba el servicio de educación básica y diversificado y en Santa Catarina Palopó, no se tenían registros de centros educativos con nivel diversificado. Es importante mencionar que la población es mayor en el nivel primario, mientras que en el nivel básico y diversificado es donde se registran más deserción escolar con un promedio de 20% de escolaridad.

A nivel diversificado las carreras más comunes son las de perito contador y magisterio, cada una ofrecida por dos establecimientos. Además, se pueden estudiar en la cabecera departamental de Sololá las carreras de Perito Contador en Computación, Perito Administración de Empresas, Perito en Administración de Empresas Agropecuarias, Perito en Agro-ecoturismo, Magisterio Parvulario, Magisterio en Educación Física, Secretariado Comercial, Técnico en Desarrollo Comunitario, Bachillerato en Turismo, Bachillerato en Ciencias y Letras, Bachillerato en Computación, y Bachillerato en Construcción.

1.5.2.4 Producción agrícola y pecuaria

En la cuenca los cultivos principales son: maíz, frijol, hortalizas (brócoli, arveja, papa, zanahoria, repollo, coliflor, cebolla) y frutales (naranja, jocote, durazno, manzana, ciruelas, banano y pitahaya). Estos productos son vendidos en los mercados locales de la región. (SEGEPLAN, 2006). Aproximadamente el 15 % de las familias que conforman el área de estudio tienen crianza de diferentes clases de ganado, como el vacuno, caballar y lanar, siendo este departamento uno de los mayores productores de lana a nivel nacional (SEGEPLAN, 2006). El ganado vacuno es destinado a la venta. El 80 % de las familias tiene aves de corral, como gallinas de los que obtienen huevos y carne para autoconsumo.

1.5.2.5 Idiomas

En el área de estudio además de hablar el español también se hablan tres idiomas mayas: Quiché, Tzutujil y Kaqchiquel. La feria titular de la cabecera departamental de Sololá se celebra del 12 al 17 de agosto, ocasión de la fiesta titular, en el mes de agosto, se celebra en la cabecera departamental lo que se le ha llamado *Nim a q'ij Sololá*. Etim. Kaqchiquel: *Nim* = grande *Aq'ij* = día, o sea Día Grande de Sololá.

Geonimia: Se deriva del vocablo Tz'oljha o Tz'oljya, que en Quiché, Kaqchiquel y Tzutuhil, significa “agua de sauce” o “retornar al agua”.

Una de las características más importantes para poder tener una comunicación directa con las comunidades que se encuentran dentro del área de estudio, es el idioma; el 92.53% de la población es indígena, teniendo como idioma predominante el Kaqchiquel y la población no indígena alcanzan el 7.46% de habitantes dentro de la subcuenca, que en su mayoría se encuentra en el municipio de Panajachel, que por ser un área turística, el fenómeno de migración ha desplazado a los originarios de dicho municipio o se vive un fenómeno de mestizaje,

En el cuadro 7, se muestra el grupo étnico de la población que viven en la subcuenca, con datos de los últimos datos censales. Es evidente que la concentración de población indígena es en el área rural, mientras que la población no indígena viven en las áreas urbanas.

Cuadro 7. Población por grupo étnico

Poblado	Indígena	No indígena
Xajaxac	6,200	14
Tierra Linda	826	-
El Progreso	637	-
Churunel (Central)	236	-
El Mirador	243	-
El Adelanto	1,702	-
La Fe	954	-
El Triunfo	554	-
El Tablón	9,878	91
Pujujilito	175	-
Panajachel	4,725	2,458
Jucanya	2,390	665
Patanatic	867	37
Concepción	2,802	-
San Andrés Semetabaj	2,111	261
Chuchiya	131	-
Tocache	201	-
Panimatzalam	664	5
Xejuyu I	473	4
Chuti Estancia	987	1
Santa Catarina Palopo	2,431	14
Patzutzun	1,239	-
Panuca	113	-
Los Churuneles II	322	-
Los Churuneles I	438	-
Panimache I	1,956	-
Las Trampas	732	-
Total	43,987	3,550

Fuente: XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002.

1.5.2.6 Organización social

A. Instituciones municipales

B.

a) Alcaldía municipal

Es la máxima autoridad del municipio, como lo contempla el Código Municipal, es el órgano superior de decisión de los asuntos municipales. Es la institución encargada de garantizar el bienestar social de los habitantes. Se encuentra encabezada por el Alcalde Municipal y se complementa con dos Síndicos y siete Concejales, para un total de diez miembros.

b) Autoridades religiosas

Existe un predominio del catolicismo, aunque en los últimos años la religión evangélica está ganando muchos adeptos, las iglesias se encuentran distribuidas en cada uno de las comunidades que forman la subcuenca.

c) Alcaldías auxiliares

Cada uno de los alcaldes auxiliares es electo por sus respectivas comunidades, están bajo la coordinación del Regidor Cuarto. Prestan un servicio comunitario gratuito, últimamente está limitado a ser un medio de información y de control de la comunidad, sin embargo, es una forma de expresión de autoridad comunal, ejerciendo influencia en varias decisiones, especialmente cuando hay conflictos. Ejercen su cargo un año.

d) Alguaciles

Prestan sus servicios personales y ad honorem, son personas electas en la comunidad que los convierte en miembros de la autoridad comunitaria. Tienen como funciones de consejería, sirven de voceros del alcalde auxiliar y de la municipalidad y apoyan al alcalde auxiliar en la resolución de conflictos que se puedan presentar en las comunidad.

e) Mayores

Estas personas desempeñan funciones como autoridad superior inmediata de los alguaciles, quienes dirigen diferentes servicios que desempeñan en beneficio de la comunidad.

f) Principales

Los principales son personas ancianas del sexo masculino que han pasado por todos los niveles de servicios comunitarios o en otros lugares, han pasado al menos al servicio de un alcalde auxiliar, estas personas son orientadores de los alcaldes auxiliares y de los diferentes comités que existen en las comunidades, además son muy respetados en sus comunidades, especialmente en la resolución de conflictos tanto comunales como familiares.

g) Guardarecursos

Son grupos de personas organizadas para velar por la conservación del bosque y evitar la tala inmoderada de árboles, incendios y el comercio de árboles, así mismo, conservar especies en extinción.

1.5.2.7 Organizaciones gubernamentales

En el área de estudio se encuentran varias instituciones gubernamentales a nivel departamental y municipal, las que atienden aspectos electorales, educativos, salud, justicia, agricultura, medio ambiente, capacitación, estadísticas, bosques y vida silvestre, procesos de paz, inversión social, desarrollo urbano, sostenibilidad para la cuenca del Lago de Atitlán, entre otras. El cuadro 8 indica el nombre y áreas de actividades que desarrollan.

Cuadro 8. Organizaciones gubernamentales.

No.	Institución	Áreas de actividades
1	Tribunal Supremo Electoral -TSE	Empadronar a todos los ciudadanos de la republica
2	Procuraduría Auxiliar de los Derechos Humanos	Procuración Promoción Educación Derechos de la niñez Defensa de la mujer
3	Secretaria de Programación, Planificación de la Presidencia SEGEPLAN	Facilitar la coordinación institucional Coordinador del fondo de solidaridad Coordinador del presupuesto de ingresos y egresos de la nación
4	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA -	Fortalecimiento de las organizaciones de productores agrícolas Asistencia técnica y crediticia Proyectos productivos
5	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Dictámenes ambientales Vigencia y aplicación de las Leyes ambientales
6	Jefatura de Área de Salud, Hospital Nacional San Juan de Dios	Administración de los servicios de salud Control estadístico de salud
7	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad – INTECAP -	Capacitación para el trabajo Asistencia técnica en complementación Aprendizaje técnico y profesional y empresarial
8	Instituto Nacional de Investigación – INE -	Demografía y producción
9	Instituto Nacional de Bosques - INAB -	Incentivos forestales Bosques comunales Bosques regionales Parque nacional

No.	Institución	Áreas de actividades
10	Fondo Nacional para la Paz FONAPAZ	Financiamiento de proyectos de infraestructura social y productiva
11	Comisión Presidencial de Derechos Humanos – COPREDEH -	Documentación atención de relatores especiales Capacitación sobre derechos humanos Observadores de conflictos y mediación
12	Fondo de Inversión Social – FIS-	Salud Educación Agua Potable y desarrollo de asistencia social Infraestructura social
13	Dirección General de Educación Bilingüe, - DIGEBI -	Capacitación a maestros en Kiche y Tzotujil Elaboración de textos en idioma materno
14	Educación Extra Escolar E.E.E.	Educación Extra Escolar modular. Educación de adultos Educación Extra Escolar no formal Apoyo a educación institucional Programa radial Educación de Adultos por correspondencia.
15	Comité Nacional de Alfabetización – CONALFA-	Alfabetización inicial Castellana, Alfabetización bilingüe post alfabetización.
16	Dirección Departamental de Educación	Educación formal, informal y superior.
17	Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CONAP-	Conservación de los recursos naturales en el área protegida
18	Consejo Departamental de Desarrollo Urbano y Rural CODEDUR	Promoción, planificación y ejecución de proyecto de desarrollo urbano y rural
19	Autoridad para el Manejo Sustentable – AMSCLAE-	Educación ambiental, descontaminación del lago, manejo de desechos sólidos

Fuente: Elaboración propia, 2007.

1.5.2.8 Organizaciones no gubernamentales

En el municipio trabajan alrededor de 15 organizaciones no gubernamentales, tanto nacionales como internacionales, a nivel de programas de asesorías empresariales, financiamiento, salud, ambiente, recursos naturales, agrícolas, artesanal, etnología y organización social. El cuadro siguiente especifica estas organizaciones y áreas de actividad.

En el cuadro 9, se muestra las principales organizaciones no gubernamentales que trabajan dentro de la subcuenca.

Cuadro 9. Organizaciones no gubernamentales.

No.	Institución	Áreas de actividades
1	Asociación de Desarrollo Humano Integral (ASDHI)	Prestador de servicios para el sistema integral de atención en salud
2	Asociación de Desarrollo Integral Cuenca del lago de Atitlán (ADICLA)	Concesión de microcréditos de actividad Agrícolas, Pecuarias, artesanales y comercio y servicio. Capacitación y asesoría
3	Cooperación Indígena de Desarrollo Integral. (COINDI)	Desarrollo socioeconómico - -Atención Primaria en salud - Farmacias comunitarias - Salud mental comunitaria - Construcción de vivienda - Apoyo a la Microempresa Desarrollo ambiental -Agroecológico -Tratamiento de agua residuales -Tratamiento de desecho sólido -Reforestación -Pecuario
4	Asociación Patronato Vivamos Mejor	Desarrollo socioeconómico - Centros vicinales - -Atención Primaria en salud - Farmacias comunitarias - Salud mental comunitaria - Construcción de vivienda - Apoyo a la Microempresa Desarrollo ambiental -Agroecológico -Tratamiento de agua residuales -Tratamiento de desecho sólido -Reforestación -Pecuario
5	Centro Maya para el Desarrollo Comunal (CEMADEC)	Agrícolas, productivos, artesanías, tiendas comunales, engorde de cerdos y pollos
6	Asociación Probienestar de la Familia (APROFAM)	Salud reproductiva, salud integral, capacitación en salud reproductiva, capacitación y participación en actividad de género, apoyo a la organización social
7	Coordinadora de Organizaciones del Pueblo Maya (COPMAGUA-SOLOLÁ)	Organización del pueblo Maya
8	Fundación para la Educación y Desarrollo Comunitario (FUNDACEDCO)	Asistencia crediticia, capacitación y reforestación
9	Asociación Maya de Desarrollo Qamolon Q'i Qonojel (ASOMADEQ)	Producción de textiles, comercialización y exportación
10	Asociación Ayúdense Nosotros les Ayudaremos. (AYNLA)	Asesoría empresarial, capacitación empresarial y financiamiento
11	Fundación para el Desarrollo Integral de Programas Socioeconómicos (FUNDAP)	Crédito, capacitación y asesoría de la microempresa
12	Fundación para el Desarrollo Sostenible (FUNDES) - Sololá.	Capacitación empresarial, a propietarios de grandes, mediana, y pequeñas empresas productoras organizadas en el área rural y urbana. Proyecto Nahual, capacita en los idiomas mayas Cakchiquel y Kiché.

Fuente: Elaboración propia,2007.

1.5.2.9 Tenencia de la tierra

El problema de la tenencia de la tierra en área de estudio es de origen estructural común en la historia agraria nacional. La tierra es el recurso social y fundamental de todos cuantos existen. La tierra y su tenencia fue el desencadenante de los conflictos sociales en la historia hispánica y causante del enfrentamiento político militar de los últimos treinta y seis años, y el problema eterno a resolver por los gobiernos. Sololá fue un área crítica del conflicto armado, teniendo como fondo un sentido agrario. La forma de la tenencia de la tierra no es ajena a ser beneficiaria de los compromisos adquiridos por el gobierno y la Unidad Revolucionaria Guatemalteca (URNG), en el Acuerdo Sobre los Aspectos Económicos y Situación Agraria.

A. Tamaño de unidades productivas

Las familias poseen un promedio de 7 cuerdas de terreno con medidas de 36 x 36 varas, la extensión por familia es equivalente a 0.63 hectáreas respectivamente, pero también existen los minifundios.

Dentro de la subcuenca se encuentra la Finca Santa Victoria ubicada entre los municipios de San Andrés Semetabaj y Panajachel con una extensión aproximada de 20 caballerías.

La atomización de la tierra en el altiplano guatemalteco, también es característico en el área de la RUMCLA (Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán), predominando en la parte norte de la cuenca del lago y concentrándose en forma abundante en el municipio de Sololá, específicamente en la aldea El Tablón y en los municipios de Concepción y San Andrés Semetabaj.

Dichas propiedades oscilan con extensiones de 0.5 a 5 ha de superficie, cuyo uso agrícola es intensivo para la subsistencia, en el cuadro 10 se presenta un comparativo de extensión y número de fincas entre el año 1979 y el año 2003.

Cuadro 10. Número de fincas y extensión en la subcuenca del río Panajachel.

Municipio	Año 1979				Año 2003			
	Finca	%	Extensión	%	Finca	%	Extensión	%
1cda. a menos de 1 mz	12087	69	4751	25	27,722	86	9420	40
1 mz. a menos de 2 mz	3038	17	4062	21	3,064	10	4041	17
2 mz. a menos de 5 mz	1791	10	5105	27	1,131	4	3192	14
5 mz. a menos de 10 mz	398	2	2521	13	152	0	997	4
10 mz. a menos de 32 mz	92	1	1285	7	63	0	958	4
32 mz. a menos de 64 mz	9	0	406	2	3	0	144	1
1 cab. a menos de 10 cab	9	0	1007	5	9	0	1294	5
50 cab. a menos de 100 cab	0	0	0	0	1	0	3581	15
Total	17424	100	19136	100	32,145	100	23629	100

Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario, INE, 1979 y2003.

Como se puede analizar el minifundio en el área de estudio aumentó, principalmente, en las fincas menores de una manzana, ya que el número de micro fincas y fincas pequeñas incrementó en un 56% y el número de propiedades menores de 2 manzanas, incrementó en cerca del 1%. Las fincas mayores de 2 mz, hasta 5 a 10 mz tuvieron su extensión disminuida.

B. Forma de tenencia

Algunas familias, arriendan un promedio de 3 cuerdas para el cultivo de maíz y frijol principalmente. Las microparcels y pequeños terrenos en las partes bajas y orillas del lago, donde se ejercen derechos de posesión individual, amparados por documentos municipales y privados sin registrar. En las partes altas o montañosas se mantiene el régimen de propiedad colectiva, cuyo uso del suelo se limita a astilleros municipales o áreas boscosas.

1.5.2.10 Ocupación laboral

La dependencia de los recursos naturales para la subsistencia de los pobladores se refleja en las actividades agrícolas con un porcentaje de 45%, siguiéndole un 22% en el comercio, las demás actividades presentan porcentajes de 33%, esto se atribuye a los niveles de escolaridad y la falta de fuentes de empleo. Cuadro 11.

Cuadro 11. Ocupación laboral

Rama de actividad	Porcentaje %
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	45.56
Explotación de minas y canteras	0.02
Industria Manufacturera textil y alimenticia	10.86
Construcción	6.14
Comercio	22.01
Enseñanza	3.19
Servicios comunales	4.42
Electricidad, gas y agua	1.02
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	2.08
Establecimientos financieros, seguros	2.07
Administración pública, defensa	1.98
Organizaciones extraterritoriales	0.01
Rama de actividad no especificada	0.64

Fuente: INE 2002.

1.5.2.11 Producción

A. Agrícola

Una de las actividades que se efectúa a gran escala dentro del área de estudio es la agricultura, la mayoría de pobladores dependen de esta actividad para su sustento, el mayor ingreso económico que ellos obtienen es la venta de sus cosechas.

Los principales cultivos son el maíz y frijol, brócoli, arveja, papa, aguacate, zanahoria, repollo, remolacha, coliflor, y la cebolla; naranja, jocote de corona, durazno, manzana, banano, pitaya, arveja china.

El maíz y frijol, en su mayoría son destinados para autoconsumo, en menor grado son destinados a la venta en el mercado nacional y un pequeño porcentaje a la exportación por medio de intermediarios. Generalmente se venden por quintal y por libra. Otros productos como el café, brócoli, arveja china y pitaya, que también se exportan al mercado internacional.

B. Producción pecuaria

Aproximadamente el 15 % de las familias que conforman el área de estudio tienen crianza de diferentes clases de ganado, como el vacuno, caballar y lanar, siendo este departamento uno de los mayores productores de lana a nivel nacional. El ganado vacuno es destinado a la venta. El 80% de las familias poseen aves de corral como gallinas de los que obtiene huevos y carne para autoconsumo.

Para las familias, la importancia económica de la venta de animales es muy baja, no se obtienen grandes recursos de la actividad pecuaria. Las familias que tiene ganado bovino (vacas) realizan la transacción en la misma comunidad por medio de intermediarios. Uno de los problemas que afrontan las personas es el bajo precio en el mercado y que no siempre les permite recuperar lo invertido. Los precios son inestables.

C. Industria y Artesanía

Es importante resaltar que en este departamento aún se conservan costumbres y tradiciones, las artesanías son un legado de generaciones que aprovechan comercializarse, en las áreas turísticas de la subcuenca, siendo Panajachel, uno de los lugares de comercialización de estos productos. Los productos artesanales predominantes son los tejidos típicos principalmente güipiles, actividad realizada por las mujeres y productos de madera.

La mayor parte de la producción artesanal está orientada al consumo familiar. En el caso de los textiles es su mayoría son vendidos en mercado local para exportación, en forma organizada, un alto porcentaje es comercializado para exportación y este se hace de plaza en plaza o se vende también a intermediarios.

D. Servicios

Entre otras de las actividades productivas, se encuentran tiendas, albañiles, maestros, peritos contadores, peritos agrónomos.

Uno de los servicios más importantes es el turismo. El centro turístico de mayor atracción del el área son las playas a orillas del lago de Atitlán, ubicadas en los siguientes poblados: Panajachel y Santa Catarina Palopó, y otros pueblos situados en la ribera del lago, el que es visitado constantemente por turistas nacionales y extranjeros. El área de estudio cuenta con muchos centros históricos y arqueológicos que son un atractivo para sus visitantes nacionales y extranjeros.

1.5.2.12 Saneamiento

De acuerdo al XI Censo de Población y VI de habitación en la subcuenca se encuentran 7,463 hogares distribuidos en los diversos poblados que la conforman; de estos hogares el 91.58% (6,842 hogares) cuenta con agua entubada, pero debe tomarse en cuenta que no es agua potable ya que las instalaciones de tubería sí se encuentran en los municipios, pero la cultura de las personas no permite que se cloren para mejorar la sanidad de la misma.

Las instalaciones de drenajes son bajas debido a que únicamente el 24.60% (1,836 hogares) cuenta con este servicio. Entre los pocos poblados que cuenta con este servicio están: Xajaxac, El Tablón, Churunel Central, El Adelanto, Concepción, San Andres Semetabaj, Chuciya, Tocache, Panimatزالan, Xejuyu I, Panajachel, Juncanya, Patanatic, Santa Catarina Palopo.

1.5.3 Características biofísicas

1.5.3.1 Clima

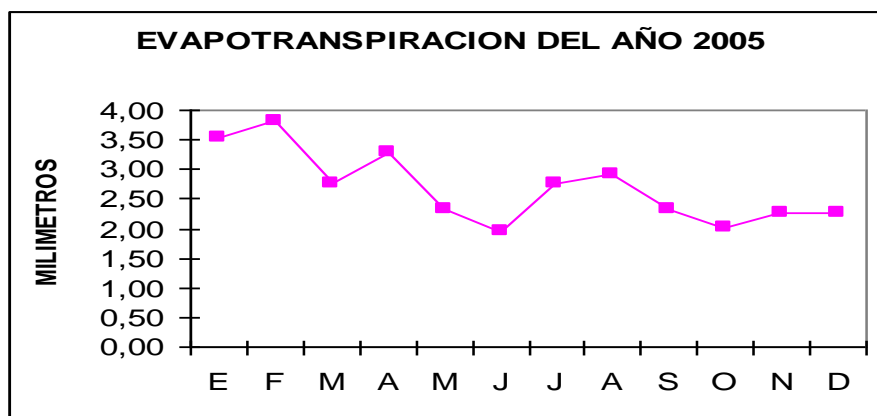
Según el sistema de clasificación climática de Thornthwaite, el área donde se localiza la subcuenca posee dos tipos de clima en toda su extensión: el clima característico en la parte alta y media es frío y en la parte baja es templado. De acuerdo a la información analizada y por la falta de estaciones meteorológicas dentro del área de estudio, estas se presentan como limitantes para el estudio.

A. Temperatura

Los valores de temperatura, se estimaron directamente de las lecturas de temperatura disponibles en la estación meteorológica ubicada en la comunidad de El Tablón, del municipio de Sololá, siendo esta la única estación dentro del área y es propiedad del INSIVUMEH; registrando una temperatura mínima de 9.1 C°, temperatura media de 14.8 C° y una temperatura máxima de 21.1 C°, en la parte media de la subcuenca que es donde se encuentra ubicada la estación, sobre el nivel del lago se tiene una temperatura media anual de 18.6 C°, una media menor de 17.4 C° en el mes de enero y la media mayor de 19.4 C° para el mes de julio.

B. Evapotranspiración

El cálculo de la evapotranspiración potencial, nos sirve para conocer cual es la perdida de agua que vamos a tener dentro del área de estudio, a lo largo de todo el año, y así saber en que época se tiene mayores demandas, y según los datos obtenidos, a partir de los meses de febrero, Marzo, y Abril aumenta la evapotranspiración por la temperatura del ambiente, luego disminuye en Junio, Julio y Agosto, debido a que las temperaturas empiezan a bajar existiendo una mayor humedad en el ambiente, lo que ayuda a disminuir la evaporación del suelo.



Fuente: INSIVUMEH, 2006.

Figura 3. Evapotranspiración en la subcuenca del río Panajachel.

C. Precipitación

La precipitación pluvial en la subcuenca del río Panajachel, está determinada por dos factores, la latitud y la fisiografía, sin embargo existen otros factores que hay que considerar como por ejemplo el tipo y cantidad de cobertura vegetal, ya que de este parámetro depende la regularidad del ciclo hidrológico en un área específica. La época húmeda se presenta de mayo a noviembre con una precipitación pluvial que varía entre 1000 a 1845 mm de lluvia.

Cuadro 12. Isoyetas de la subcuenca del río Panajachel

Isoyeta mm	Área neta Parcial (km ²) (Ai)	PP ⁻ x (mm) (Pi)	Área * PPx ⁻ (Ai*Pi)
2000 - 2500	37.00	2250	83250
1500 – 2000	14,52	1750	25410
1000 - 1500	22,85	1250	28562.5
Σ	74.37		137222.50

Fuente: Elaboración propia con información del INSIVUMEH, 2006.

D. Climadiagrama

El climadiagrama indica que el mes de abril al mes de octubre hubo un superávit de agua aprovechable para cultivos del área y para algunos riachuelos que son afluentes al río Panajachel, en los meses de diciembre a marzo, existió un déficit de agua, aunque en diciembre hubo humedad residual almacenada en el suelo, ya que la evapotranspiración fue muy baja debido a la humedad relativa existente en el ambiente, la temperatura oscila entre los 18 y 20 grados centígrados promedio.

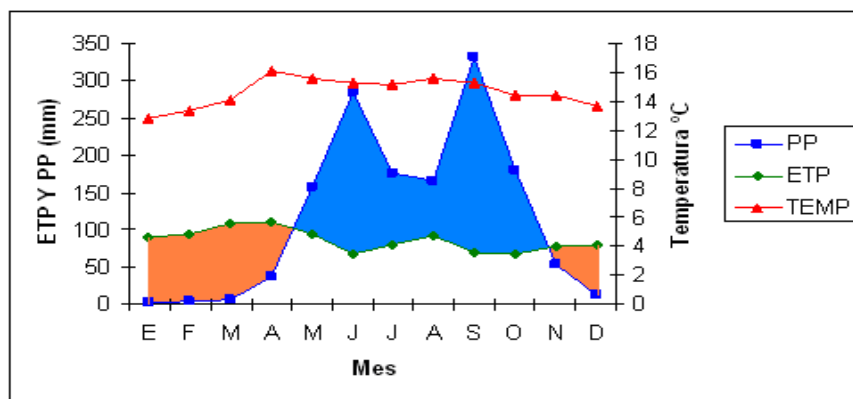


Figura 4. Climadiagrama de la subcuenca del río Panajachel del año 2006.

1.5.3.2 Zonas de vida

En la Subcuenca del río Panajachel se lograron ubicar dos zonas de vida según el sistema de Clasificación de Holdrige y modificado por De la Cruz, se ubico en la parte alta de la cuenca la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Montano Bajo y en la parte media y baja la zona de vida de Bosque Húmedo Montano bajo (ver figura. 5), correspondiendo a las siguientes áreas:

Cuadro 13. Zonas de vida de la subcuenca del rio Panajachel

Símbolo	Zonas de Vida	Km. ²	%
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	39.00	52.44
bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical	35.37	47.56
Total		74.37	100.00

Fuente: Cartografía digital del MAGA, 2006.

A. Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (bh-MB)

El patrón de lluvia varía entre 1,057 mm y 1,588 mm, con un promedio de 1,344 mm de precipitación anual. Las biotemperaturas van de 15° a 23° C, la elevación varía entre los 1500 y 2400 m s.n.m. La vegetación natural, es típica de la parte central del altiplano, está representada por rodales de *Quercus* spp., asociada con *Pinus pseudostrobus* y *Pinus Montezumae*, *Alnus jorullensis*, *Ostrya* spp. Las especies indicadoras de esta zona son el *Prunus capuli* y *Arbutus xalapensis*.

B. Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB)

Esta zona de vida la precipitación total anual va de 2,065 a 3,900 mm con un promedio de 2,730 mm, la biotemperatura se encuentra en un rango de 12.5° a 18.6° C, siendo mucho más frío en la parte alta. La topografía es generalmente accidentada, con elevaciones desde los 1800 a 3,000 msnm. La vegetación natural predominante en el área que puede considerarse como indicadoras es: *Cupressus lusitanica*, *Chiranthodendron pendactylon*, *Pinus ayacahite*, *Pinus hartwegii*, *Pinus pseudostrobus* y *Alnus jorullensis*.

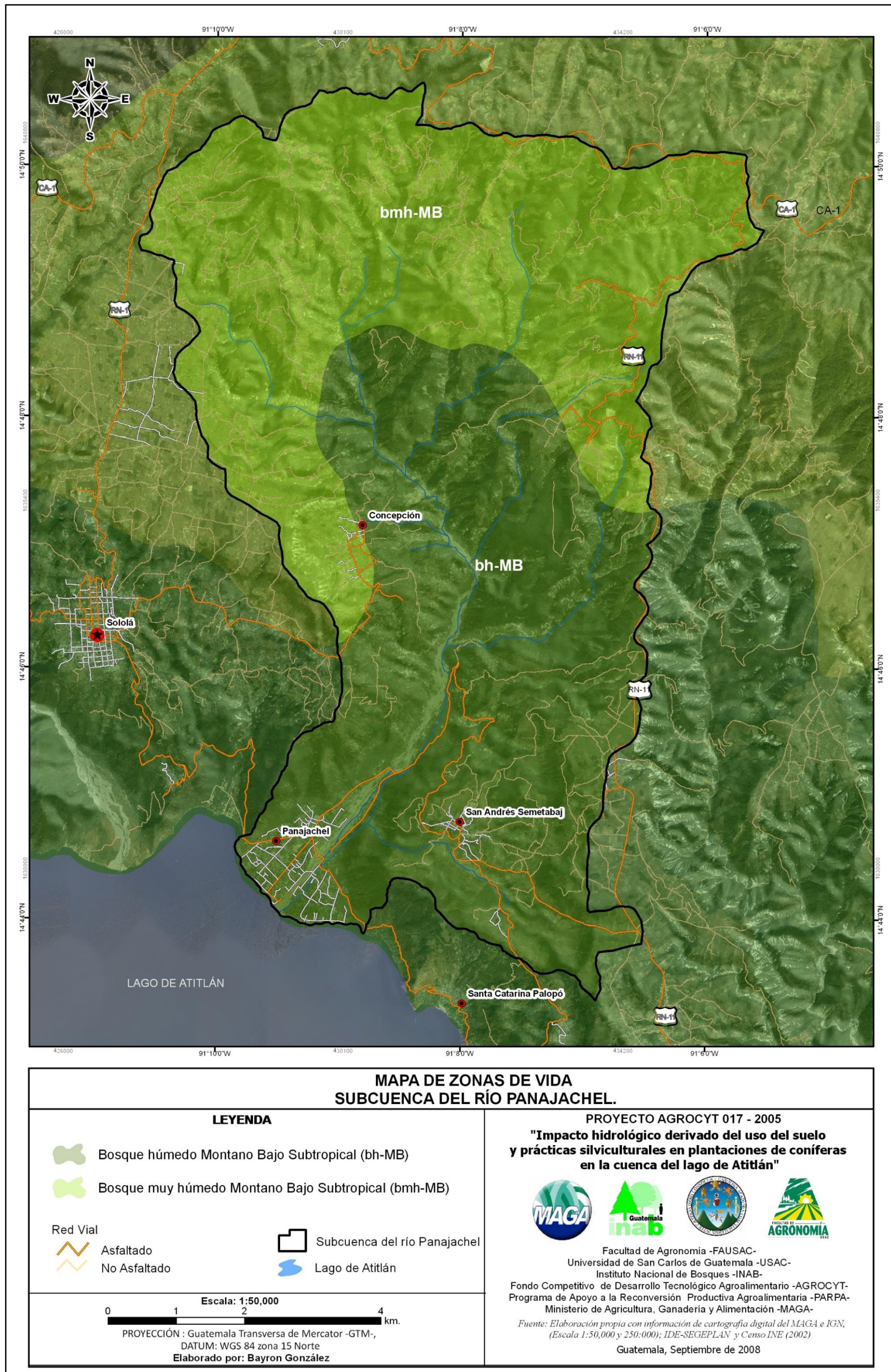


Figura 5. Mapa de zonas de vida

1.5.3.3 Recursos hídricos

La subcuenca tiene un área de 74.37 km² y un perímetro de 44.88 km, el caudal del río Panajachel en la parte media de la subcuenca está influenciado grandemente por las corrientes intermitentes originadas en la parte alta de esta subcuenca, siendo estas: riachuelo de Xajaxac, río Quechelajyá, río Pacubalyá y río Pachorrojá, estas corrientes no presenta ningún aporte de aguas servidas, únicamente reciben aporte de las corrientes efímeras. En la parte media el río Panajachel está influenciado por los ríos Patzunún y Paxicom.

El perímetro de la subcuenca del río Panajachel es de 44.88 km, presenta varias corrientes intermitentes y efímeras y varias permanentes, el orden de la corriente es considerado también como un sistema hídrico el cual tiene un río principal, sus afluentes secundarios, terciarios, de cuatro o más

El área de la subcuenca es de 74.37 km². El factor de forma encontrado es 0.41 lo que no indica que tiene una forma ovalada, además nos dice que tiene cierto grado de retención de las aguas de lluvia, pero por el material parental de la subcuenca es una limitante muy grave la infiltración efectiva.

Según el método de Alvord la pendiente media de la subcuenca es de 42 %, esto indica que existe mucha pendiente dentro del área, por lo tanto el terreno es pronunciado encontrándose dentro de las áreas pendientes mayores al 90 % totalmente escarpado.

A. Usos

El agua de las corrientes superficiales es utilizada principalmente para fines de riego, siendo la población de Concepción la que más utiliza este recurso. El agua proveniente de manantiales es una fuente primordial utilizada como agua entubada que en las áreas urbanas en su mayoría son tratadas con cloración, mientras que en el área rural no reciben algún tratamiento.

1.5.3.4 Uso de la tierra

A. Capacidad de uso de la tierra

La capacidad de uso de la tierra se determinó mediante la metodología propuesta por el INAB encontrando seis categorías de capacidad de uso. Cuadro 14.

Cuadro 14. Capacidad de uso de la tierra de la subcuenca del río Panajachel

Capacidad de uso	Descripción	km ²	%
Am	Agricultura con mejoras	10.71	14.40
Aa	Agroforestería con cultivos anuales	17.69	23.78
Ss	Sistemas silvopastoriles	7.10	9.55
Ap	Agroforestería con cultivos Permanentes	2.07	2.78
F	Tierras Forestales para Producción	9.29	12.50
Fp	Tierras forestales para protección	27.51	36.99
	Total	74.37	100.00

Fuente: Elaboración Propia, 2007.

En el caso de factores limitantes, se encontró limitación de pedregosidad interna en algunas áreas de la subcuenca, las Capacidades de uso se muestran en la siguiente tabla.

B. Uso actual de la tierra

El uso actual de la tierra se determinó mediante la clasificación de la UGI, mediante la digitalización de ortofotos y corroboración en campo, dando como resultado 14 usos distintos (Ver cuadro 15)

Cuadro 15. Uso actual de la tierra de la subcuenca del río Panajachel

Código	Uso	km ²	%	Código	Uso	km ²	%
1.1	Poblados Rurales	1.21	1.63	6.1.3	Conifera disperso	1.59	2.13
1.2	Poblados Urbanos	3.29	4.42	6.2.1	Latifoliar denso	0.20	0.27
2.1.2	Hortalizas Templado	4.14	5.57	6.2.2	Latifoliar poco denso	2.91	3.91
3.2.1	Café	0.85	1.14	6.3.1	Bosque mixto denso	1.54	2.07
4.1.1	Maíz	14.47	19.45	6.6	Matorral	12.33	16.58
6.1.1	Conifera Denso	5.82	7.83	9.1.1	Superficie degradada	0.10	0.13
6.1.2	Conifera poco denso	25.12	33.78	9.3.1	Playas fluviales	0.81	1.09
Total						74.38	100.0

Fuente: Elaboración Propia, 2007.

C. Pendientes .

Las pendientes se agruparon según las diferentes clases ó rangos propuestos por la metodología del INAB, <12 %, 12% a 26%, 26 % a 36 % y >55 %, en las cuales se logró determinar el área y porcentaje de pendiente dentro de la subcuenca del río Panajachel, como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Rangos de pendientes y porcentajes de la subcuenca del río Panajachel

Rangos	Km²	%
< 12	17.43	23.44
12-26	21.55	28.98
26-36	0.87	1.17
36-55	24.05	32.34
> 55	10.46	14.07
Total	74.37	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2007.

D. Intensidad de uso

La intensidad de uso se determinó sobreponiendo el mapa de capacidad de uso con el mapa de uso actual, obteniendo tres categorías de intensidades de, centros poblados y playas fluviales como se muestra en la siguiente tabla

Cuadro 17. Intensidad de uso de la tierra, de la subcuenca del río Panajachel.

INTENSIDAD	Km²	%
Centros Poblados	5.35	7.19
Playas fluviales	0.81	1.09
Sobreuso	14.97	20.13
Subuso	19.28	25.93
Uso Correcto	33.96	45.67
Total	74.37	100.00

La intensidad de uso de la subcuenca del río Panajachel, en su mayoría se encuentra con una intensidad de uso correcto con 45.67% (33.96 Km.²), estos datos son principalmente por el manejo de bosques naturales y plantaciones, y las áreas de protección con

matorrales, dan como resultado que haya una gran cobertura forestal dentro del área, reduciendo así la intensidad de uso. Otra parte está siendo subutilizada con un 25.93 % (19.29 km²) principalmente a que son con vocación para Agroforestería anual o perenne y actualmente tienen bosques de coníferas o bosques mixtos, dentro del área existe también Sobreuso con 20.13 % (14.97 km.²), que se encuentran principalmente en el área de Concepción y Sololá, pues el avance de la frontera agrícola a dado como resultado la eliminación del bosque y sustituirlo por cultivos limpios.

1.5.3.5 Inventario Forestal

En la siguiente tabla se muestra los registros, áreas basales y alturas promedio que tiene la finca Santa Victoria Bajo un manejo sostenible, teniendo únicamente bajo manejo. Según la información recolectada en la finca Santa Victoria la mayor área que tienen de bosque se encuentra en áreas de protección a manantiales y también como áreas de bosque natural sin manejo en el cual se encuentran senderos ecológicos.

Cuadro 18. Inventario forestal de la finca Santa Victoria

Inventario de Plantaciones de Finca Santa Victoria											
Año	Edad	Especie	Área ha.	Diámetro promedio	Diámetro m	Arb/ha .m ²	Al	Area Basal /arb m ²	AB /ha m ²	Vol. /ha m ³	Volumen Total m ³
Plantación											
Bosque nat	68	Pinus sp.	41.3	40	0.4	200	30	0.1257	25.13	376.99	15569.7696
1991	15	Cupresus lusitánica	2.09	20	0.2	625	15.2	0.0314	19.64	149.23	311.8823
1991	15	Cupresus lusitánica	7.03	20	0.2	625	15.3	0.0314	19.64	150.21	1055.9605
1991	15	Cupresus lusitánica	3.41	20	0.2	625	17	0.0314	19.64	166.90	569.1205
1992	14	Cupressus lusitánica	18.34	18	0.2	900	12	0.0314	28.27	169.65	3111.3150
1993	13	Pinus pseudostrobus	33.87	20	0.18	700	15.5	0.0254	17.81	138.05	4675.7453
1993	13	Pinus pseudostrobus	14.49	20	0.2	700	14.6	0.0314	21.99	160.54	2326.1632
1993	13	Pinus pseudostrobus	7.54	22	0.2	700	17.3	0.0314	21.99	190.22	1434.2881
1994	12	Pinus pseudostrobus	5.32	15.5	0.22	700	10	0.0380	26.61	133.05	707.8088
1994	12	Pinus pseudostrobus	3.57	18.7	0.155	700	11	0.0189	13.21	72.65	259.3482
1994	12	Pinus pseudostrobus	6.64	16.3	0.187	700	11	0.0275	19.23	105.74	702.1064
1994	12	Pinus pseudostrobus	5.55	15	0.163	700	9	0.0209	14.61	65.73	364.8124
1,995	11	Pinus pseudostrobus	5.77	20	0.15	1100	14	0.0177	19.44	136.07	785.1271
1,995	11	Cupressus lusitánica	4.23	19	0.2	1100	14.6	0.0314	34.56	252.27	1067.1041
1,995	11	Pinus pseudostrobus	3.5	17.5	0.19	1100	12	0.0284	31.19	187.13	654.9529
		Total	162.65								33595.5

Fuente: Finca Santa Victoria, 2007.

Existen áreas con plantaciones de *Pinus pseudostrobus* con edades de 11 años pero con alturas cercanas a los 15 metros, como también un diámetro promedio de 20 cm., y en otras áreas que tienen una mayor edad presentan diámetros y alturas menores, esto se debe principalmente a las calidades de sitio donde están ubicadas las plantaciones forestales

La finca Santa Victoria se caracteriza por poseer la mayor cantidad de bosque bajo manejo, en la cual se encuentra rodalizada cambiando el bosque maduro por bosque joven.

1.5.3.6 Fauna

En la subcuenca del río Panajachel se pueden encontrar los siguientes mamíferos: conejo de monte, gato de monte, ratón, tepezcuintle, armadillo, tigrillo, murciélago, taltuza, perros domésticos, coyote, ardilla gris, comadreja, mapache, puercoespín y zorrillos, siendo estos los más representativos.

Entre las aves nativas del área se pueden encontrar: corolita, cayaya o chachalaca negra, pajuil o faisán *Crax*, quetzal, paloma morada, la garceta verde, algunas familias de aves se encuentran en ciertas estaciones debido a que el área es un corredor biológico natural dentro de estas se tienen : *Tinamidae*, *Podicipedidae*, *Accipitridae*, *Falconidae*, *Cracidae*, *Phasianidae*, *Psittacidae*, *Strigidae*, *Trochilidae*, *Trogonidae*, *Ramphastidae*, *Tyrannidae*, *Turdidae*, *Emberizidae*, *Thraupidae*.

Los insectos se pueden encontrar una gama de ellos, encontrándose los principales géneros *Diplotaxis*, *Chrysina*, *Spurius*, *Passalinae*, *Cyclocephala*, *Chrysina*, *Phyllophaga*, y *Passalidae*

La fauna existente en las comunidades aledañas al cauce del Río Panajachel y parte del lago de Atitlán son utilizadas con dos objetivos primordiales, uno de ellos es el Ecoturismo aprovechando con ello la belleza escénica que muestran los paisajes del lugar, en algunos lugares como Panajachel existe la cacería deportiva

1.5.4 Problemas ambientales

1.5.4.1 Deforestación

Esta actividad es muy preocupante ya que la pendiente de la subcuenca es alta, el Instituto Nacional de Bosques (INAB) autoriza aprovechamientos exclusivamente en la finca Santa Victoria que ocupa la sexta parte de la Subcuenca con un área aproximada de 12 km² en dicha finca se práctica un manejo forestal sostenible, utilizando el método de tala raza en alguna áreas de ciprés (*Cupressus lusitánica*); con esto, el propietario está adquiriendo un compromiso de reforestación, son pocas las áreas donde la actividad a realizar debiera ser la actividad forestal, porque están dedicadas a la agricultura de subsistencia; y esta frontera cada año avanza mas.

En la parte de Concepción la deforestación es un problema grande ya que la alta pendiente que existe y la poca profundidad efectiva no es posible mantener una cobertura forestal densa, allí no existe cobertura forestal debido a las pendientes mayores del 100 % sin embargo en la parte media existe un valle con una profundidad efectiva mayor a los 90 cm, con una textura arenosa producida por la erosión de las laderas.

Durante el paso de la tormenta Stan, las laderas de las montañas y los taludes quedaron sin vegetación, en donde se puede observar fácilmente que la profundidad efectiva es muy pequeña, la parte inferior a esta pequeña profundidad es caliza y más debajo de estas esta formado por enormes rocas consolidadas, donde es imposible reforestar exitosamente. Algo muy importante es que las personas y las instituciones ayudan a reforestar el área pero debido a la geología del lugar es un gran problema realizarlo.

1.5.4.2 Erosión

Es el principal problema encontrado durante la caracterización de la subcuenca del río Panajachel, debido a la profundidad efectiva que es muy baja y esta sobrepuesta sobre grandes extensiones de rocas consolidadas; a pesar que cuenta con cobertura forestal es un 50 % del área. La causa principal de la erosión son las altas pendientes, cárcavas y

surcos lo cual beneficia a los agentes de la erosión como lo son el agua y el viento erosionando el suelo de una manera acelerada provocando con ello el asolvamiento de los causes de los ríos.

1.5.4.3 Contaminación del agua

La contaminación del agua superficial es un problema que afronta esta subcuenca ya que las aguas servidas o aguas negras de los pueblos, caseríos, aldeas, y fincas drenan hacia el río Panajachel, de esta manera deteriora la calidad de vida de los habitantes del área y de los recursos hídricos.

Con las lluvias producidas por la Tormenta Stan la planta de tratamiento de aguas servidas de Panajachel quedo enterrada, ya que este es el punto de aforo de las aguas servidas producidas por los habitantes de toda la subcuenca; motivo por el cual ahora las aguas negras van directamente a dar al espejo del lago alterando grandemente el ecosistema del lago produciendo con ello el problema de la Eutroficación.

Otra fuente de contaminación es la utilización de productos químicos como plaguicidas entre otros, los cuales lavan y tiran en canaletas que van directamente al río produciendo intoxicaciones a la fauna del lugar y a los pobladores aledaños. Este problema debe contar con la atención de todos los habitantes del área de la subcuenca ya que en toda la zona no se cuenta con el servicio de agua potable de buena calidad sino que solo existe agua entubada. El agua que presenta condiciones para consumo humano son los nacimientos que también corren el riesgo de contaminarse debido a la percolación de los productos químicos utilizados como nitratos, sulfatos, fosfatos y otros, por eso la contaminación de los manantiales se convierte en un serio problema, ya que no tendrían acceso al agua adecuado para uso humano.

Existen varios basureros clandestinos en Panajachel, en Concepción y en San Andrés Semetabaj siendo estos tres lugares los más poblados y urbanizados produciendo malos olores y grandes cantidades de contaminantes como metales pesados lo cuales se percolan hacia los ríos y los mantos freáticos más cercanos.

1.5.4.4 Desechos sólidos

En Panajachel funciona un basurero municipal, además cuenta con dos sistemas de recolección de basuras, municipal y particular, los cuales llevan la basura al basurero municipal donde no cuenta con un programa de reciclamiento adecuado, además en dicho lugar no existen botes de recolección de basura en las calles ni en la orilla o playa del lago, en las comunidades rurales también existen basureros, convirtiéndose en un gran problema por los contaminantes que desechan, en ninguna comunidad tanto urbana como rural tienen un programa de reciclamiento de basura o desechos sólidos, en algunos lugares no conocen cual es la diferencia entre desechos orgánicos y desechos inorgánicos.

1.5.4.5 Extinción de especies:

Las principales razones que han llevado a las diferentes poblaciones de flora y fauna a un estado crítico son:

- La deforestación para la habilitación de tierras para la agricultura o urbanización.
- La degradación de los hábitats de las poblaciones de fauna por la extracción de leña y otros productos.
- La cacería indiscriminada de algunas de las especies.
- En algunas zonas los incendios forestales.

La fauna de esta zona se encuentra tipificada por especies en peligro de extinción. Dentro del grupo de los mamíferos mayores, 9 especies se encuentran incluidas dentro de los listados rojos para Guatemala, lo que representa alrededor del 35% de los mamíferos mayores que se pueden encontrar en el área.

Existen varias especies forestales endémicas que ya están perdiendo su hábitat debido al deterioro del lugar por las alteraciones naturales ocurridas en los últimos años.

1.5.4.6 Agua Superficial

En cuanto a los aspectos superficiales el caudal del Río Panajachel en su desembocadura presenta un valor de 3.342 m³/s, el cual en su mayoría es de aguas servidas (aproximadamente 2.07 m³/s) provenientes del poblado de igual nombre.

En lo que respecta a balance hídrico el tiempo de recarga potencial y de necesidad de riego se marcan de igual manera para ambos años 04 y 05; tiempo de recarga de abril a noviembre y tiempo de necesidad de riego de diciembre a marzo, marcándose significativamente la precipitación obtenida en el 05 y por ende la recarga potencial, debido a la presencia de la tormenta tropical Stan.

La contaminación de las corrientes superficiales se debe principalmente a las aguas residuales, basura y agroquímicos.

La calidad del agua previo a la tormenta Stan presentaba valores aceptables de contaminación, actualmente se encuentra demasiado contaminado, afectando el valor paisajístico y recreativo del lago de Atitlán. El agua superficial aprovechable es la proveniente de manantiales, la cual es una fuente primordial para satisfacer las necesidades humanas de las tres cabeceras municipales presentes en el área de estudio.

1.5.4.7 Agua Subterránea

El aprovechamiento de agua subterránea es aún reducido ya que de tres cabeceras municipales presentes en la subcuenca suman una existencia de cuatro pozos, los cuales no cumplen con las demandas de las poblaciones, que es de estrictamente para consumo humano. Este tipo de agua no presenta ningún registro de calidad, pero es tratada por medio de cloración, aplicando como producto hipoclorito y gas cloro.

1.6 CONCLUSIONES

1. La subcuenca del río Panajachel presenta una alta densidad población de 651 habitantes/km². El 92 % de la población que habita dentro del área es indígena kaqchiquel y que presenten bajos índices de educación y se refleja en la población que ingresa en el nivel básico y diversificado, debido a que los jóvenes se integran a la población económicamente activa.
2. El clima característico del lugar en la parte alta y media es frío y en la parte baja es templado. La temperatura promedio en la subcuenca es de 17.8 °C. La época lluviosa se presenta en los meses de mayo a noviembre con una precipitación media de 1845.13 mm. Las zonas de vida principales son Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical bh-MB, con el 52.44 % (39.00 km²) y el Bosque Muy Húmedo Montano bajo Subtropical bmh-MB, con el 47.56 % (35.37 km²)
3. En el diagnóstico realizado en la subcuenca del río Panajachel, los principales problemas ambientales identificados son: el cambio del uso de la tierras por el avance de la frontera agrícola, deforestación, contaminación de los principales recursos hídricos por el manejo inadecuado de las aguas servidas y desechos sólidos.
4. La deforestación en las áreas principales de recarga hídrica, en la parte del municipio de Concepción y Sololá es preocupante, que debido a la topografía del lugar, las altas pendientes y la poca profundidad efectiva, no es posible mantener una cobertura forestal densa, provocando erosión, debido al cambio de uso de la tierra, de un uso forestal a agrícola, en áreas con altas pendientes y sin prácticas de conservación del suelo.
5. El principal problema ambiental es el deterioro de los recursos naturales locales dentro de la subcuenca, vinculado por el aprovechamiento desmedido de los de los recursos naturales por factores antropogénicos.

1.7 RECOMENDACIONES

Para contrarrestar la situación actual de los recursos naturales en la subcuenca del río Panajachel, es necesario promover planes de manejo a nivel de cuenca, principalmente para los recursos hídricos, bosques y suelo, involucrando todos los actores, desde los pobladores, iniciativa privada y las instituciones de gobierno.

Se recomienda realizar un estudio sobre el impacto de los recursos hídricos derivado del uso de la tierra y proponer planes de manejo en las áreas principales de recarga hídrica de la subcuenca y determinar las áreas críticas de susceptibilidad de recarga natural.

Mantener la cobertura boscosa existente en el área, principalmente en áreas críticas de recarga hídrica y en las áreas agrícolas, implementado programas y capacitación sobre prácticas agrícolas y forestales, conservación de suelos, recuperación de las áreas degradadas y manejo sostenible de los recursos naturales.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Castro E; De León, F. 2004. Informe Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala. Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP. Guatemala. 37 p.
2. Dix, M; Fortín, I; Medinilla, O; Ríos, LE. 2003. Diagnostico ecológico-social en la cuenca de Atitlán. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala / The Nature Conservancy. 13 p.
3. IGN (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala). 1973. Mapa geológico de la república de Guatemala; hoja Sololá, no. 1960-IIG. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
4. _____. 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja Chichicastenango, no. 1960-I. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
5. _____. 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja Sololá, no. 1960-II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. INAB (Instituto Nacional de Bosques, Guatemala). 2000. Manual de clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
7. INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). 2003. Censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002. Guatemala. 38 p
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
9. MINEDUC (Ministerio de Educación, Guatemala). 2007. Estadísticas educativas: Indicadores educativos de Sololá (en línea). Consultado 06 de mayo de 2008. Disponible en <http://estadistica.mineduc.gob.gt/-anuario/2007/default.htm>
10. PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Guatemala). 2006. Informe de desarrollo humano; el financiamiento del Desarrollo Humano. Guatemala, Sistema de Naciones Unidas en Guatemala. 440 p.
11. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
12. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 1997. Diagnostico departamento de Sololá (en línea). Guatemala. Consultado 20 mayo 2008. Disponible en www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/.../71-solola?.solola
13. _____. 2001a. Caracterización del municipio de Concepción. Guatemala. 15 p.

14. _____. 2001b. Caracterización del municipio de Panajachel. Guatemala. 25 p.
15. _____. 2001c. Caracterización del municipio de Sololá. Guatemala. 26 p.
16. _____. 2006. Plan de reconstrucción y reducción de riesgos del departamento de Sololá, basado en el Plan de Desarrollo Sostenible 2006–2007. Guatemala. 127 p.
17. Simmons, CS; Tárano T, 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.

Vo.Bo. Udine Rolando Aragón

1.9 ANEXOS

1.9.1 Árboles de problemas

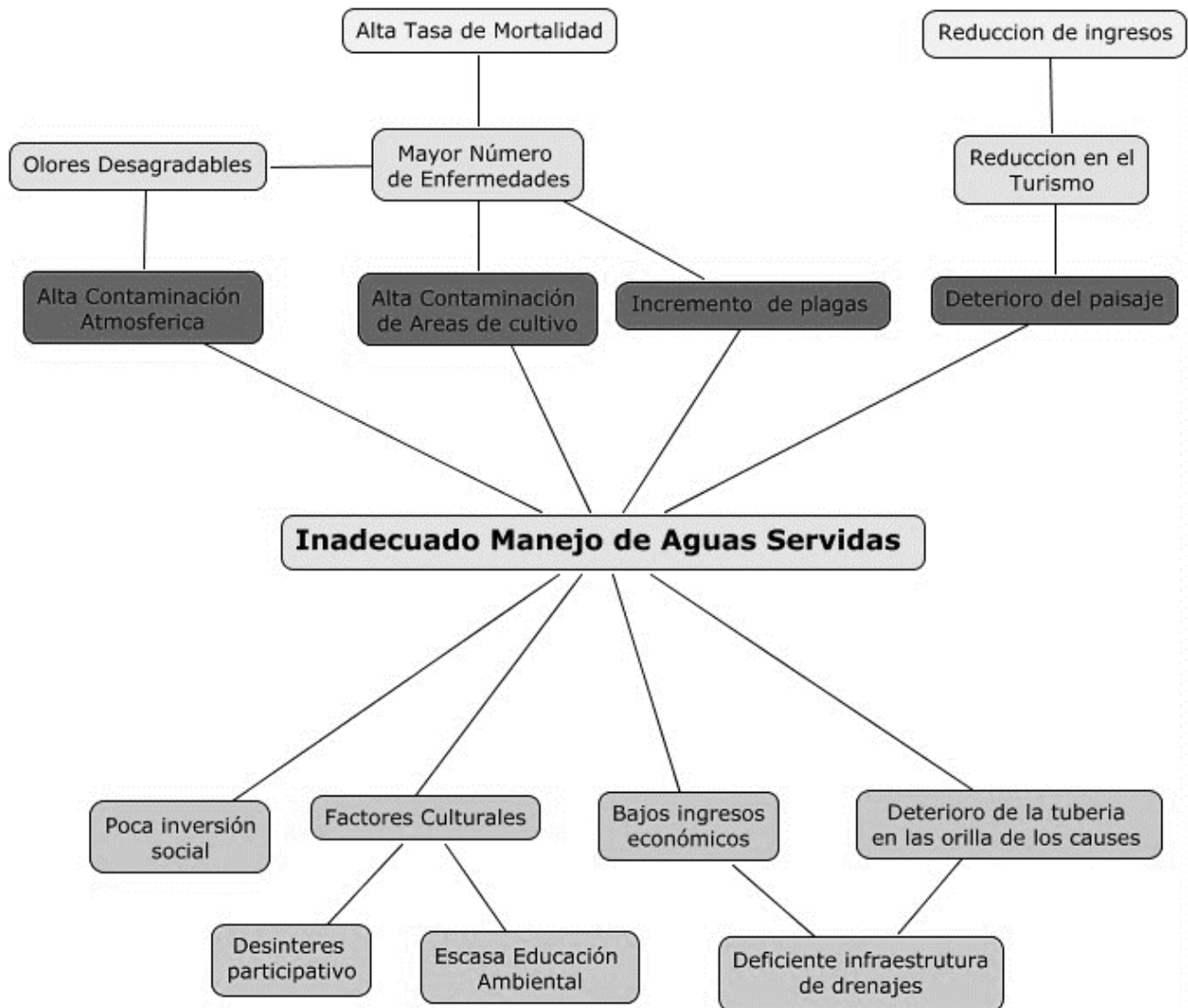


Figura 6A. Inadecuado manejo de aguas servidas

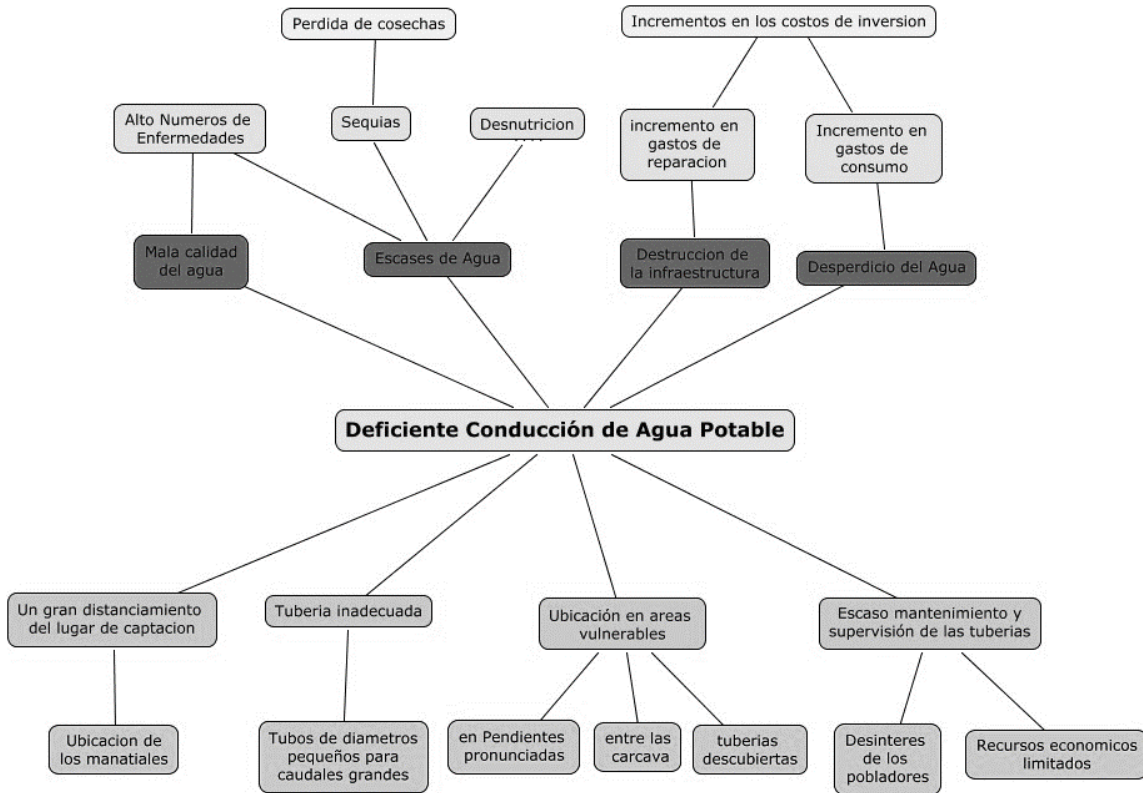


Figura 7A. Inadecuado manejo de aguas servidas

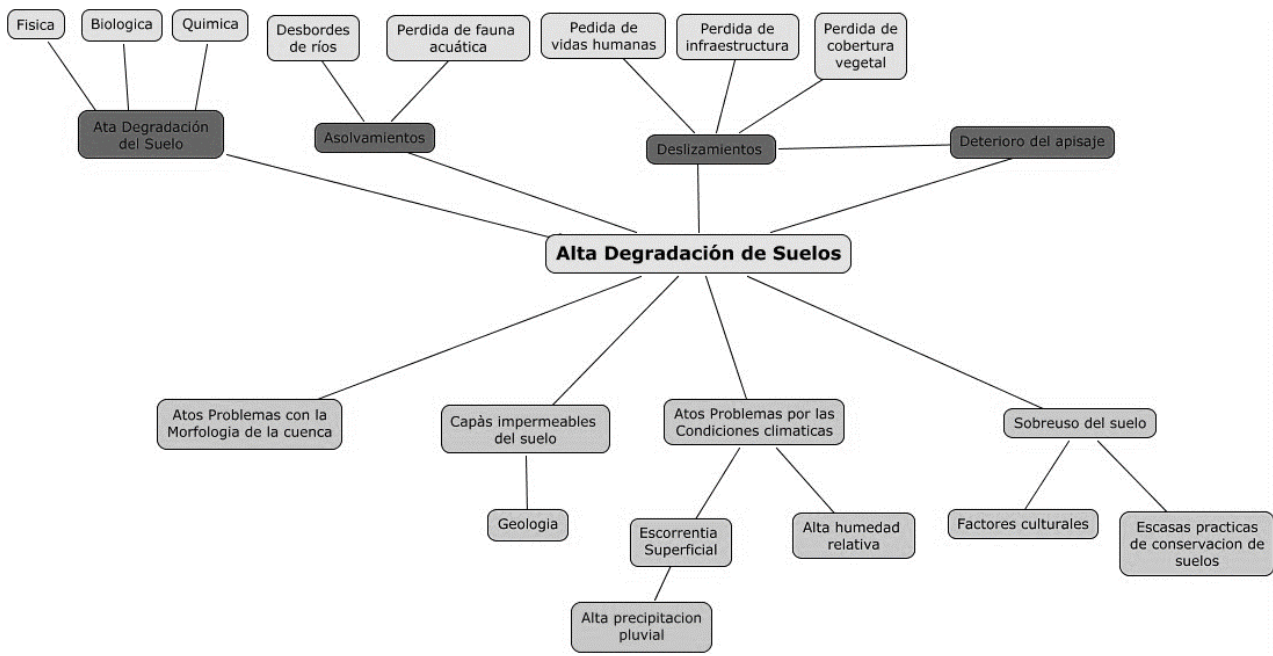


Figura 8A. Alta degradación del suelo

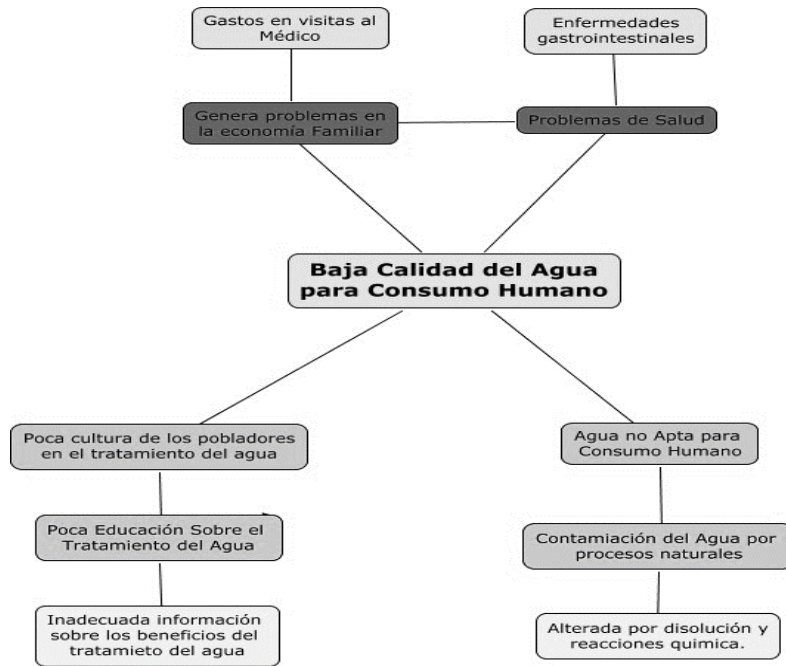


Figura 9A. Baja calidad del agua para consumo humano.

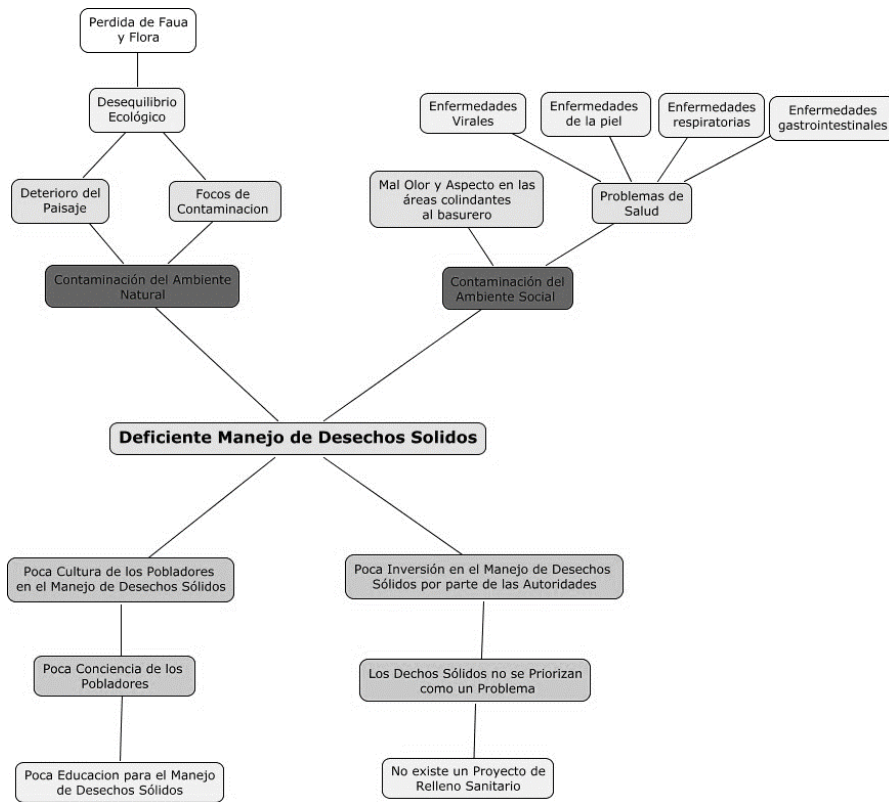


Figura 10A. Deficiente manejo de desechos sólidos

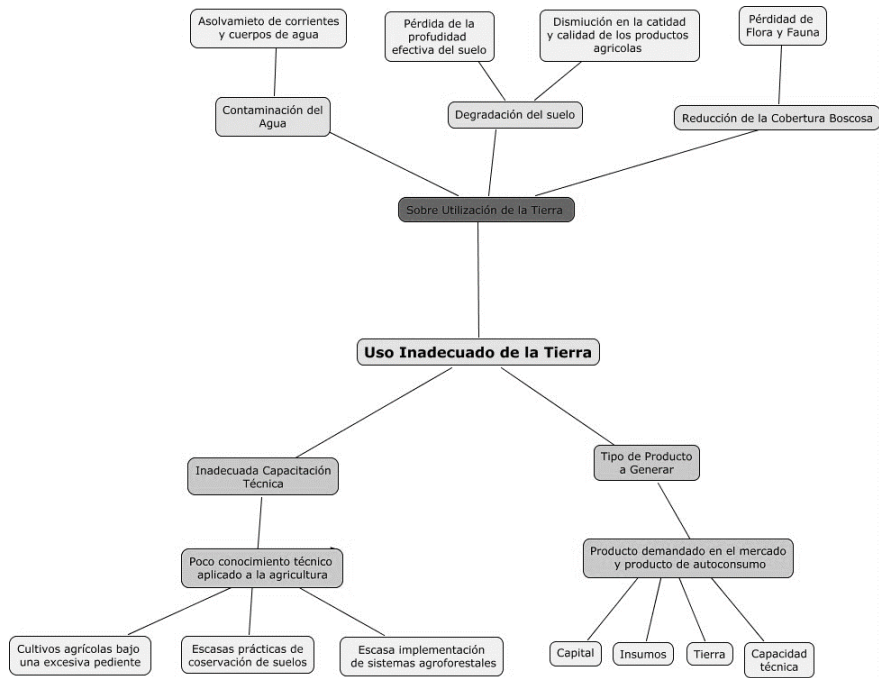


Figura 11A. Árbol de problemas, sobre utilización de la tierra

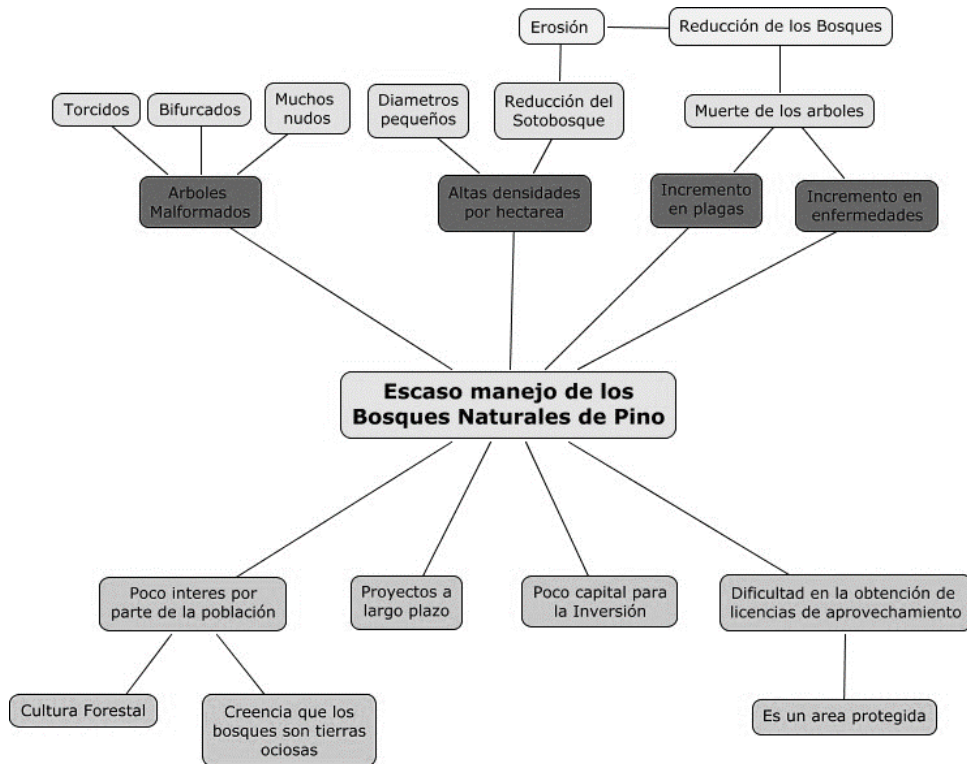


Figura 12A. Escaso manejo de los bosques naturales de pino.

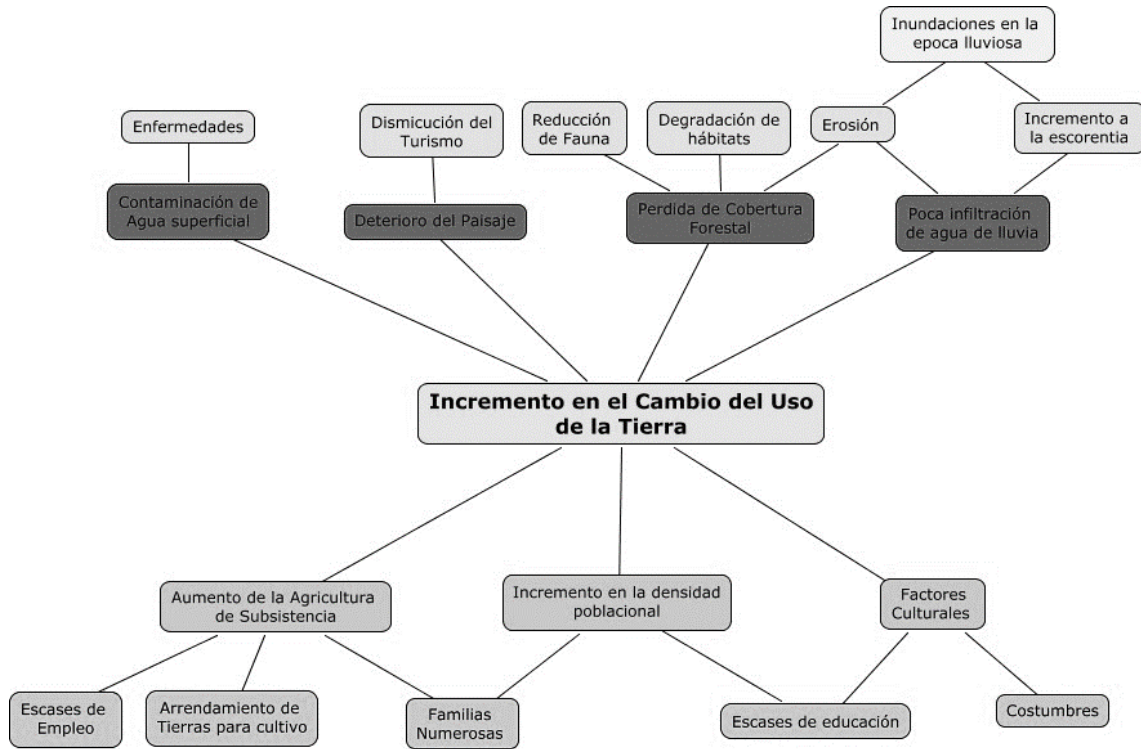


Figura 13A. Árbol de problemas, incremento en el cambio del uso de la tierra.

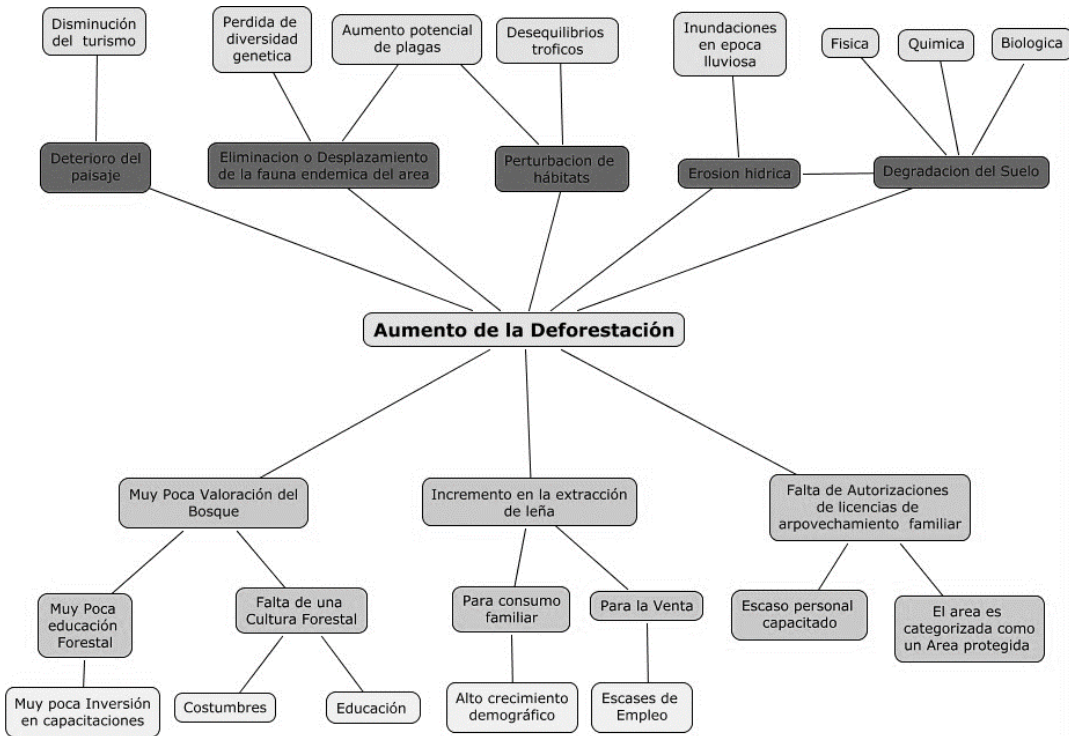


Figura 14A. Aumento de la deforestación

1.9.2 Imágenes de los principales problemas identificados



Figura 15A. Contaminación de los recursos hídricos



Figura 16A. Deficiente sistema de tuberías para distribución de agua entubada.



Figura 17A. Erosión Hídrica



Figura 18A. Fuentes de agua para consumo humano



Figura 19A. Deficiente manejo de desechos sólidos



Figura 20A. Uso inadecuado de la tierra



Figura 21A. Cambio de uso de la tierra.



Figura 22A. Deforestación



2.1 INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para toda forma de vida existente en la tierra ya que de ella depende la vida misma y es uno de los principales elementos para el desarrollo de las actividades humanas. La degradación de los recursos hídricos es cada día más evidente a nivel mundial y Guatemala no se escapa ante este deterioro, entre las múltiples causas, uno de ellos es la impermeabilización del suelo y cambio de uso de la tierra en las principales zonas de recarga hídrica.

La escasa información e investigación en el área de recursos hídricos, motiva a generar estudios que propicien soluciones, para la implementación de políticas, estrategias y acciones para una gestión integral de recursos hídricos.

Esta investigación es parte del proyecto, *“Impacto hidrológico derivado del uso del suelo en plantaciones de coníferas en la cuenca del lago de Atitlán”*, financiado por el Fondo Competitivo de Desarrollo Tecnológico Agroalimentario -AGROCYT-, a través del Programa de Apoyo a la Reconversión Productiva Agroalimentaria –PARPA-, unidad del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA- y ejecutado por la Facultad de Agronomía –FAUSAC-, que en su primera fase se realizaron estudios en la subcuenca del río Panajachel, logrando generar información básica para la conservación y manejo de áreas críticas de recarga hídrica dentro de la subcuenca, identificando las principales áreas de recarga hídrica natural, realizando balances hídricos de los suelos, para posteriormente proponer lineamientos para el manejo racional y sostenible del recurso hídrico.

En la subcuenca del río Panajachel, existe un aumento del crecimiento poblacional y ante la necesidad de cultivar la tierra, obtener leña, madera y la falta de atención de políticas de las instituciones que competen en el manejo de los recursos naturales, se han deforestado grandes cantidades de tierras aptas para la conservación o producción silvícola, generando un aumento en el crecimiento de la producción agrícola, fenómeno producido a un acelerado crecimiento poblacional de la región y la existencia de minifundios así como el crecimiento del uso de suelo para construcción. En los últimos años en la época seca es muy evidente

la escasez del recurso hídrico, con una reducción de los caudales de las fuentes de agua que abastece a los pobladores dentro de la subcuenca y poblados aledaños.

Dentro de la subcuenca existen varias fuentes de recursos hídricos que abastecen de agua a los pobladores, para consumo familiar, para uso agrícola y otros usos, sin embargo la falta de manejo y sostenibilidad puede afectar en un futuro a los pobladores que se benefician con estos recursos. Las zonas de mayor recarga hídrica son las más afectadas debido al aumento de la frontera agrícola ocasionada por la demanda de tierras de los habitantes de la región, actualmente estas zonas tienen muy poca protección boscosa.

Para la realización de esta investigación se identificaron las principales áreas de recarga hídrica natural en la subcuenca, determinando que en la parte alta es donde hay mayor recarga, debido a la topografía del terreno existen áreas con mucha pendiente, mucha pedregosidad que impide a que sean áreas con una potencialidad de recarga, en la parte media y baja de la subcuenca tienen una recarga baja o nula.

Además se identificaron las áreas críticas de recarga, considerando que en áreas con mayor susceptibilidad debieran de tener un mejor manejo para que no tengan un impacto hacia la subcuenca que puede ocasionar daños a la población, turismo, infraestructura y a los recursos naturales

Para la obtención de resultados se realizaron tres fases, una fase de gabinete inicial que consistió en la recopilación general de información y elaboración de mapas, una fase de campo que consistió en determinar factores climáticos, suelos, topografía, estratigrafía geológica, escorrentía y cobertura vegetal, y una última fase de gabinete que fue el análisis de la información generada para determinar la recarga hídrica natural en la subcuenca del río Panajachel. Por último se presentan lineamientos para la protección de las áreas de recarga hídrica con miras al futuro, porque el recurso hídrico cada día es escaso y puede provocar problemas de desabastecimiento de agua especialmente potable a los pobladores de la subcuenca del río Panajachel.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es el estudio esencial de los recursos hídricos que describe la circulación del agua en la atmósfera, suelo y subsuelo en sus distintas fases.

Aparicio (2001), indica que es un ciclo que al describirlo se puede partir del punto en que el agua se evapora de los océanos (en mayor proporción) y de la superficie terrestre por efecto de la radiación solar y el viento. Este vapor se transporta y eleva por la atmósfera en forma de nubes hasta condensarse y precipitarse nuevamente a la tierra.

2.2.1.2 Cuenca hidrográfica

Una cuenca es un área de terreno, donde el agua que se precipita o se escurre converge en un mismo punto o corriente principal, donde el límite de una cuenca es conocido como parte aguas.

Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o microcuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios (Padilla, 2003).

Es un territorio delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de zonas de esorrentía de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. La cuenca hidrográfica, sus recursos naturales y sus habitantes tienen cualidades físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales, que le confieren características propias y especiales. Físicamente, la cuenca hidrográfica representa a un área natural de captación y

concentración de agua superficial y subterránea y por lo tanto, tiene una connotación esencialmente volumétrica e hidrológica. Al mismo tiempo, la cuenca hidrográfica y sobre todo el agua recolectada en la misma, representa una fuente de vida para la humanidad, sin embargo, también puede ser una fuente de peligro, cuando toman lugar los fenómenos naturales extremos asociados al agua o cuando es afectada por la contaminación (Dourojeanni 2001).

El IARNA (2004), refiere que todas las cuencas hidrográficas tienen tres áreas o zonas donde el impacto del agua es distinto, aunque se mantiene una estrecha interacción e interconexión entre ellas:

La primera, es la parte alta conocida como cabecera de la cuenca hidrográfica; en esta región se da la mayor captación del agua de lluvias y ayuda con la regulación y suministro de agua durante el resto del año a las otras partes de la cuenca. Todas las acciones que se hagan en esta parte de la cuenca, ya sean buenas o malas, tendrán sus repercusiones en el resto de la cuenca.

La segunda, es la parte media de la cuenca hidrográfica, en esta zona se dan mayormente actividades productivas y es la región en donde se ejerce mayor presión hacia la parte alta de la cuenca. Esta región es como una zona de amortiguamiento entre las acciones de la parte alta de la cuenca y los efectos que se evidencian en la parte baja de la cuenca.

Y la tercera, es la parte baja de la cuenca hidrográfica, que generalmente está cercana a las costas, por ejemplo todas las áreas cercanas al Océano Pacífico son las partes bajas de muchas cuencas hidrográficas en Guatemala. En esta zona se evidencian los impactos positivos o negativos de las acciones que se hacen en la parte alta de la cuenca.

2.2.1.3 Acuíferos

De acuerdo a Obando (2010), una formación geológica subterránea permeable susceptible de almacenar y transmitir agua, en función de las características de las rocas, se clasifica en Acífugo, cuando no posee capacidad de circulación ni de retención de agua; Acuicludo,

contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite y no es posible su explotación; Acuitardo, hace referencia a la existencia de numerosas formaciones geológicas y conteniendo apreciables cantidades de agua, la transmiten muy lentamente; y Acuífero, formación que almacena agua en los poros y circula con facilidad por ellos.

Custodio (2001), define un acuífero como el estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre puede aprovechar el agua en cantidades económicamente apreciables para subvenir a sus necesidades

Según las características litológicas se clasifican en detríticos y carbonatados; según el tipo de huecos: poroso, kárstico y fisurado; y según su presión hidrostática en libres, confinados y semiconfinados:

Acuíferos libres, no confinados o freáticos: Son aquellos en los cuales existe una superficie libre de agua encerrada en ellos y que está en contacto directo con el aire y por lo tanto, a presión atmosférica.

Acuíferos cautivos, confinados a presión: El agua está sometida a una cierta presión, superior a la atmosférica y ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica que lo contiene, saturándola completamente.

Acuíferos semicautivos o semiconfinados: donde el muro (parte inferior) y/o techo (parte superior) que los encierra no es totalmente impermeable sino acuitardo, es decir un material que permita la filtración vertical del agua, muy lenta, que alimenta el acuífero principal en cuestión, a partir de un acuífero o masa de agua situada encima o debajo del mismo (Custodio y Llamas, 2001).

2.2.1.4 Balance hídrico

El concepto de balance hídrico se deriva del concepto de balance en contabilidad, es decir, que es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.

El balance hídrico, cuantifica la situación hidrológica de un área en un período de tiempo determinado tomando en cuenta factores como el clima, suelo, cobertura vegetal y topografía, también permite comprobar el cálculo de recarga del acuífero.

El Balance Hidrológico, va estar determinado por:

$$\text{Entrada (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de Almacenamiento (} \Delta S)$$

Según Ridder, citado por García (2005). El método de balance hídrico tiene las siguientes cuatro características:

- Puede ser estimado para cualquier subsistema del ciclo hidrológico, así como para diferente tamaño de área e intervalo de tiempo.
- Sirve para controlar, si todo el flujo y los componentes involucrados, han sido considerados cuantitativamente.
- Permite calcular los elementos desconocidos de una ecuación de balance, previendo que los otros componentes son conocidos.
- También puede ser considerado como un modelo del proceso hidrológico completo bajo estudio, esto indica que se puede usar para predecir como afectan los cambios imperantes en ciertos componentes que podrían estar sobre otros componentes del sistema o subsistema.

La recarga directa al acuífero se puede estimar y comprobar en base al balance hídrico de suelos ya que integra todos los valores en los cuales se divide la precipitación que cae sobre una determinada zona (Padilla, 2003).

El balance hídrico de suelos se define de la siguiente manera:

$$P = ETR + Es + Ret + Rec$$

Donde:

P = Precipitación

ETR = Evapotranspiración

Es = Escorrentía superficial

Ret = Retención (vegetal y techos)

Rec = Recarga al acuífero

El balance hídrico de suelos se puede expresar en lámina (mm) y en caudal ($m^3/año$). (Padilla, 2003)

2.2.1.5 Recarga hídrica

La recarga hídrica es el proceso que permite que el agua alimente un acuífero. Este proceso ocurre de manera natural cuando la lluvia se filtra hacia un acuífero a través del suelo o roca. El área donde ocurre la recarga se llama zona de recarga hídrica y generalmente se ubica en las partes altas de las cuencas. (IARNA, 2004).

En términos generales se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero, agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistemas de acuíferos en consideración (Custodio 1998).

Herrera, (2002) refiere que es el proceso que implica un incremento de agua en el nivel de las aguas subterráneas. Este incremento puede ser por adición de agua (irrigación, inundación, pozos o zanjas excavadas) de otras áreas (recarga artificial) o bien por la absorción de la precipitación de la lluvia (precipitación efectiva) e infiltración de los ríos influentes y lagos, que abastece a un acuífero (recarga natural). Además puede ser vertical (infiltración directa) y lateral (aporte de otras áreas o cuencas).

La recarga de agua en los acuíferos cuando proviene de fuentes superficiales, comprende tres pasos: infiltración del agua desde la superficie a la zona de suelo, el movimiento descendente de agua a través de los materiales comprendidos en la zona de aireación y la emigración de parte del agua al manto freático, aumentando así las reservas subterráneas (Padilla, *et al.*, 2003).

Las áreas críticas de recarga hídrica natural son aquellas que por sus características específicas se consideran susceptibles a disminuir su potencial de recarga cuando se someten a un manejo contrario a su capacidad. Estas áreas deberán ser objeto de un manejo especial que permita mantener y/o mejorar sus características. (Fuentes, 2005).

A. El proceso de la recarga hídrica

El agua proveniente de las precipitaciones y que alcanza la superficie de la cuenca, después de saturar los espacios vacíos; poros y/o fisuras de la superficie, y que se llenen de agua las pequeñas depresiones superficiales, da inicio a dos tipos de movimiento: uno superficial siguiendo las líneas de máximo gradiente de energía y otro a través de los espacios vacíos del suelo y subsuelo de acuerdo con el gradiente piezométrico y con la permeabilidad del medio. (Noriega, 2005)

El agua cuando se infiltra en la superficie terrestre y que no es retenida por la humedad se mueve hacia las corrientes subsuperficiales o se infiltra hacia el manto freático. Otra de las fuentes que alimentan la recarga hídrica son los volúmenes de agua que se almacenan sobre la superficie de una cuenca, concentrándose las corrientes de agua. (Padilla, 2003).

B. Factores que determinan la recarga hídrica

La capacidad que tiene un acuífero de infiltrar depende de las interacciones que se pueden suscitar entre el tipo de suelo, la formación geológica existente, el tipo de vegetación, la topografía y el régimen de lluvias, principalmente, que pueden presentar interacciones para favorecer o perjudicar la recarga de un acuífero.

Entre los factores que determinan la recarga hídrica encontramos:

a. El clima

Dentro de los factores climáticos que más afectan la recarga hídrica son la cantidad de lluvias y la evapotranspiración, debido a la pérdida de agua por la transpiración de las plantas y la evaporación del agua.

a.1 Precipitación pluvial

Según Herrera (2002), es la cantidad de agua caída en una zona determinada, ya sea en forma de lluvia, nieve, granizo o rocío. Las precipitaciones pueden clasificarse en convectiva, orográfica y ciclón , teniendo en cuenta del factor que provoca la elevación del aire en la atmósfera

Uno de los componentes principales de la recarga hídrica es la precipitación, considerado como un factor esencial para la determinación de la recarga hídrica, la distribución en el tiempo y espacio es variable y está influenciada por la elevación.

La precipitación se mide generalmente con pluviómetros, que son recipientes estandarizados en los cuales puede medirse la lámina precipitada. La precipitación también se puede estimar por medio de fotos de satélite; el color y la forma de las nubes permiten a los expertos estimar la cantidad de agua precipitada que aquellas podrían producir. (Padilla et al. 2003)

a.2 Evapotranspiración

La evapotranspiración es el término que unifica la evaporación y la transpiración de los seres vivos, considerando que la evaporación es el fenómeno físico en el que el agua pasa de estado líquido a vapor, incluye también de sólido a vapor y la transpiración es el fenómeno biológico por el cual los seres vivos pierden agua a la atmósfera.

La evapotranspiración es un fenómeno relevante en hidrología por su importancia en el entendimiento de pérdidas de agua en las corrientes, canales y embalses (Monsalve, 2000). El mismo autor define también que es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas y la clasifica en dos

Evapotranspiración potencial: pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, por evaporación y transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

Evapotranspiración real: pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y transpiración de las plantas.

b Suelo

Los suelos impermeables y compactados impiden o dificultan la infiltración, mientras que los suelos permeables facilitan la recarga. Las características del suelo que influyen en la recarga son la textura, la densidad aparente, el grado de saturación (contenido de humedad) y la capacidad de infiltración

b.1 Textura y estructura

En el estudio físico de un suelo interesan dos aspectos: La textura o proporción relativa en que se presentan los distintos materiales sólidos que lo componen. Esta proporción se expresa en porcentaje del peso de materiales comprendidos en un intervalo de tamaños, respecto al peso de la muestra seca. Por otro lado, la estructura, es la disposición relativa de estos materiales en las condiciones naturales de un determinado suelo. (Sandoval, 1989).

La textura del suelo influye por sí y por la influencia en la estabilidad de la estructura, tanto menor cuanto mayor sea la proporción de materiales finos que contenga, un suelo con gran cantidad de limos y arcillas está expuesto a la disgregación y arrastre de estos materiales por el agua, con el consiguiente llenado de poros más profundos y la estructura define el tamaño de los poros, la existencia de poros grandes reduce la tensión capilar pero favorece directamente la entrada de agua. Custodio y Llamas (2001).

b.2 Densidad aparente

La densidad aparente depende básicamente de la textura del suelo, pero puede ser modificada por la compactación, cuando se compacta un suelo aumenta su densidad aparente porque se reduce el espacio entre las partículas del suelo disminuyendo el volumen del espacio poroso, (Sandoval, 1989).

b.3 Contenido de humedad

Es la diferencia entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo, como límite superior aprovechable y el punto de marchitamiento permanente como límite inferior aprovechable (Sandoval, 1989).

El grado de saturación de los suelos permite la determinación de la recarga hídrica para obtener la capacidad de un suelo para retener el agua infiltrada, los determinantes de las constantes de humedad de un suelo son:

- *Capacidad de campo*: Es el grado de humedad de una muestra que ha perdido su agua gravitacional.
- *Punto de marchitamiento permanente*: Es el grado de humedad de un suelo donde la fuerza de succión de las raíces es menor que la retención del agua.

b.4 Infiltración

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo en un determinado tiempo, atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo o las formaciones geológicas subyacentes, llegando hasta sus capas inferiores saturadas. Es decir alcanzando un nivel freático e incrementando el volumen acumulado anteriormente (Padilla, 2003).

La capacidad de infiltración de un suelo puede ser influenciada por la condición y las características físicas del suelo, además está la vegetación, las características de la lluvia, la topografía del terreno, la estratificación, la temperatura del agua y el suelo y el estado físico-químico del mismo.

Existen diferentes métodos para definir la tasa de infiltración básica de un suelo, siendo los más utilizados, los permeámetros, método de doble cilindro y método de Porchet. Para este tipo de estudio el más utilizado es el método Porchet, por ser uno de los métodos con bastante precisión y con facilidad de aplicarlo en el campo, también es conocido como el de cilindro excavado en el suelo o cilindro invertido.

c. Topografía

La topografía es un factor importante en la infiltración, en lugares de mayor pendiente existe menor infiltración, debido a que la infiltración se da cuando el agua se mantiene sobre la superficie con más tiempo, provocando a que se aumente la escorrentía, por lo que la recarga hídrica disminuye.

La topografía influye debido al tiempo de contacto del agua con la superficie, en condiciones planas el agua cae a la superficie y su movimiento será lento lo que dará un mayor tiempo para que esta se infiltre, caso contrario en condiciones accidentadas el agua cae y debido a la inclinación del terreno se desplaza a mayor velocidad pasando más rápido a formar parte del agua de escorrentía (Padilla, 2003).

d. Estratigrafía geológica

La disposición de los diferentes materiales geológicos en los distintos estratos o capas del suelo hasta llegar a la zona saturada (agua subterránea) pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica.

Un estudio de la estratigrafía de la zona, permite conocer la disposición de los diferentes materiales geológicos, ya que estos pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica (Padilla, 2003).

Es de gran importancia realizar un estudio de la estratigrafía de la zona, es decir conocer la disposición de los diferentes materiales geológicos, ya que estos pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica. Por ejemplo, puede existir una cuenca cuyas características climáticas, de suelo y de cobertura vegetal favorezcan la infiltración del agua en el suelo, pero si existe una capa impermeable, no permitirá el paso del agua a mayor profundidad y se generará un flujo subsuperficial que alimentará un cauce cercano o bien daría lugar a manantiales. (Padilla, 2003)

e. Cobertura vegetal

Esta disminuye la escorrentía superficial, ya que permite un mayor tiempo de contacto del agua con la superficie y facilita el proceso de infiltración; además, un porcentaje importante de la lluvia es interceptada por la cobertura vegetal. En este factor es necesario considerar la profundidad y densidad de las raíces y la capacidad de retención del dosel vegetal. La cobertura de la vegetación participa en la recarga principalmente en dos aspectos, los cuales son la profundidad radicular y la intercepción del agua.

Profundidad radicular: Determina en gran parte la lámina de agua aprovechable por los cultivos. Depende del tipo de cultivo, condiciones del suelo y clima. Para la mayoría de plantas las raíces que absorben agua se encuentran dentro de los 30 cm de suelo, para cultivos agrícolas y pueden alcanzar más de un metro en coberturas de bosque y cultivos permanentes de frutales u otros. Al aumentar la profundidad radicular, se aumenta también el rango de agua edáfica que puede ser aprovechada por la vegetación existente (Padilla, 2003).

Intercepción: es el proceso de retención de la precipitación en los estratos de vegetación y broza limitando la cantidad de agua que llega al suelo. La intercepción puede captar y guardar hasta 30 % de la precipitación en bosques húmedos tropicales. En áreas áridas, con menos vegetación, la intercepción es menor, sin embargo áreas de pastos y arbustos pueden tener cifras entre 10 y 20 % (García, 2005).

f. Escurrimiento

f.1 Componentes de la escorrentía:

Es la cantidad de agua que fluye dentro de un trayecto desde que alcanza la superficie terrestre hasta llegar al cauce se clasifica en tres: escorrentía superficial, escorrentía subsuperficial y escurrimiento subterráneo.

- **Escorrentía superficial:** Es La parte de agua que circula por la superficie de la tierra y se concentra dando lugar a la formación de barrancos, arroyos y ríos. (Padilla, 2003)

o es el volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar un canal.

- **Escorrentía subsuperficial:** La porción de agua que se infiltra a través de la superficie de la tierra puede moverse lateralmente en las capas superiores del suelo hasta llegar al cauce de la corriente. Se mueve más lentamente que la escorrentía superficial y alcanza las corrientes posteriormente. (Padilla, 2003)
- **Escorrentía subterránea:** Se forma por infiltración del agua en el terreno y luego percola, formando los acuíferos, la cual circula por conductos, constituyendo ríos subterráneos. Parte de esta circulación aflora en fuentes y manantiales, los que también dan lugar a la formación de arroyos y ríos. Lo que viene a constituir el caudal base de los ríos. (Padilla, 2003)

f.2 Aforo

Es el conjunto de operaciones que conducen a la valorización del caudal o gasto, que es el volumen de agua que pasa por una sección específica del cauce de un río, en un tiempo determinado. (Herrera Ibáñez, 2004)

Aforos diferenciales: Los aforos diferenciales en algunos tramos del río sirven para determinar los sectores en los cuales la precipitación pluvial constituye una recarga potencial al acuífero (precipitación efectiva), después de los efectos de suelo, vegetación, topografía, etc. Parte de ella, es posible que emerja como manantiales (corrientes secundarias) o directamente alimente a la corriente superficial principal de la cuenca (río efluente). Por lo tanto haciendo medidas de caudal en intervalos relativamente pequeños sobre la longitud del cauce, se pueden detectar los sectores en los que el río se comporta como efluente o bien a través de infiltración de agua dentro de su cauce pasa a constituir también una recarga al acuífero (río influente). (Padilla, 2003)

2.2.1.6 Clasificación de las zonas de recarga hídrica

Matus (2007) indica que de acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en:

- Zonas de recarga hídrica superficial: prácticamente es toda la cuenca hidrográfica, excluyendo las zonas totalmente impermeables, esta es la que se humedece después de cada lluvia, originando escorrentía superficial, según las condiciones de drenaje (relieve del suelo y su saturación).
- Zonas de recarga hídrica subsuperficial: es la que corresponde a las zonas de la cuenca con suelos con capacidad de retención de agua o almacenamiento superficial sobre una capa impermeable, que permite que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenaje.
- Zonas de recarga hídrica subterránea: es la que corresponde a las zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos, y rocas permeables) en el cual el flujo vertical de la infiltración es significativa; esta es la que forma o alimenta los acuíferos.
- Zonas de recarga hídrica subterránea: es la que corresponde a zonas de la cuenca que presentan fallas geológicas profundas o cuando en el balance hidrogeológico se identifica una pérdida por percolación profunda. Generalmente coincide con las zonas de recarga subterránea.

2.2.1.7 Áreas críticas de recarga hídrica natural

Se les denomina a aquellas áreas que por sus características específicas, se consideran susceptibles a disminuir su recarga potencial al ser sometidas a un manejo inadecuado, éstas se determinarán a partir de las áreas principales de recarga hídrica natural. Las áreas críticas deben ser objeto de un manejo especial que permita mantener y/o manejar sus características. (Padilla., 2003)

2.2.1.8 Recarga hídrica y la actividad antrópica

Los impactos potencialmente adversos del desarrollo desmedido dentro de la dinámica de la recarga hídrica han sido durante mucho tiempo señalados; entre ellos el crecimiento demográfico, urbanismo, deforestación, la expansión de fronteras agropecuarias, entre otros. Estos factores han ido reduciendo la permeabilidad de los suelos a través de la

perturbación y compactación, con ello, reducen la tasa de recarga del agua subterránea. Estas reducciones en la recarga hídrica de las aguas subterráneas pueden tener impacto negativo en arroyos, humedales y otros cuerpos de agua reduciendo el volumen, calidad y la velocidad del flujo de agua base de los mismos, también afectando negativamente el rendimiento de los pozos de abastecimiento de agua (New Jersey Stormwater, 2004).

Actividades	Actividades e implicaciones en el acuífero
Mayor explotación de las aguas subterráneas.	Descenso de niveles de agua. Mejoramientos del drenaje en tierras bajas (control de inundaciones). Aumento en costos de bombeo. Intrusión de aguas salinas en zonas costeras (degradación). Disminución de descargas naturales (manantiales, flujos base).
Impermeabilización de suelos (zonas de recarga). Deforestación (compactación de los suelos por lluvia y erosión por mayor escorrentía superficial). Construcciones (urbanizaciones, carreteras).	Menor recarga (menor potencial de los acuíferos, aumento de la escorrentía superficial y erosión en zonas de recarga).
Intensificación de actividades humanas.	Contaminación de agua y suelo.

Fuente: Losilla, 1986.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Identificar las principales áreas de recarga hídrica natural en la subcuenca del río Panajachel, cuenca del lago de Atitlán y proponer estrategias

2.3.2 Objetivos Específicos

1. Estimar la recarga hídrica natural que se produce en la subcuenca del río Panajachel.
2. Identificar las áreas críticas de recarga hídrica natural con mayor vulnerabilidad a disminuir su potencial de recarga.
3. Proponer lineamientos para el manejo racional y sostenible de los recursos naturales renovables en áreas críticas de recarga hídrica natural.

2.4 METODOLOGÍA

Para la realización de esta investigación se trabajó tres fases de estudio que son:

- Fases de gabinete Inicial
- Fase de campo
- Fase de gabinete final

2.4.1 Fase de gabinete inicial

2.4.1.1 Recopilación de información

En esta etapa se recopiló información básica de aspectos biofísicos de la subcuenca, que generaron datos para esta investigación como: suelos, recursos hídricos, antecedentes de estudios realizados en el área, vegetación, entre otros. Para obtener esta información, se realizaron visitas a centros de documentación como bibliotecas, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, que trabajan en el área.

Para la generación de información cartográfica como mapas temáticos y específicos se adquirieron 2 mapas topográficos y 1 mapa geológico a escala 1:50,000, en el Instituto Geográfico Nacional –IGN- siendo los siguientes mapas:

- Mapa Topográfico: Sololá 1960 II y Chichicastenango 1960 I
- Mapa Geológicos: Sololá 1960 II

Además se adquirieron fotografías aéreas a escala 1:40,000 para la realización de la fotointerpretación. Los mapas que se elaboraron son de ubicación, centros poblados y vía de acceso, hidrografía, fisiográficos, orografía, geología, uso actual y unidades de mapeo utilizando software GIS.

Se consultaron mapas temáticos de Guatemala con Información de serie de suelos, clasificación taxonómica, zonas de vida, cuencas hidrográficas, y capas digitales generados por el Instituto Geográfico Nacional y el Ministerio de Agricultura.

2.4.1.2 Información climática

Se identificaron las estaciones meteorológicas que existen dentro de la subcuenca del río Panajachel realizando consultas a través del INSIVUMEH e instituciones que poseen registros climáticos, además se instalaron estaciones tipo C, en puntos estratégicos con el fin de generar más información climática dentro de los distintos puntos de la subcuenca.

Los datos climáticos que se generaron se tabularon en datos medios mensuales de precipitación pluvial y temperatura máxima y mínima.

2.4.1.3 Identificación y mapeo de áreas de recarga hídrica

Para la delimitación de las unidades de mapeo se sobrepusieron los mapas elaborados de suelos, geología y uso actual, después de obtener las unidades mínimas de mapeo, se realizaron caminamientos de campo para la verificación de las unidades.

2.4.2 Fase de campo

2.4.2.1 Generación de información climática

Para la generación de información climática se realizaron monitoreos hidrometeorológicos que se describen en los resultados obtenidos.

2.4.2.2 Estimación de la infiltración básica del suelo

Se realizaron las pruebas de infiltración básica de los suelos en cada unidad mínima de mapeo identificados en la subcuenca del río Panajachel, utilizando el método de Porchet o cilindro invertido. El procedimiento es el siguiente:

- Para la realización de esta prueba se limpió el área, y se hizo un agujero utilizando un barreno.
- Se excavó un agujero con radio y altura conocida, se le agregó agua cerca del punto de saturación del suelo y se tomaron las lecturas en intervalos de tiempo conocidos.

2.4.2.3 Determinación de constantes de humedad y densidad aparente

Se realizaron muestreos de suelos en cada una de las unidades de mapeo y se llevaron al laboratorio de análisis de suelo y agua “Salvador Castillo” de la Facultad de Agronomía para realizar los siguientes análisis:

- Densidad aparente
- Textura
- Constantes de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente), y
- Contenido de Materia Orgánica

2.4.2.4 Aforos diferenciales

Se ubicaron los puntos para el aforo, para ello se utilizó el método de sección velocidad. La velocidad del flujo se determinó con molinete.

Los aforos se realizaron en época de invierno y en época de verano, realizando aforos mensuales en cada una de los puntos que se establecieron y que se encuentran en la parte alta, media y baja de la subcuenca del río Panajachel.

2.4.3 Fase de gabinete final

2.4.3.1 Balance hídrico de los suelos

Esta fase consistió en el análisis de la información generada y recopilada en las fases de gabinete inicial y de campo, para poder determinar el volumen total de recarga en la subcuenca del río Panajachel.

Se estimó el balance hídrico del suelo, para ello se utilizó una hoja de cálculo, en la cual se introdujeron las variables: características físicas del suelo (textura, densidad aparente), infiltración básica, grados o constantes de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente), clima (precipitación y ETP), cobertura y profundidad radicular. El cálculo por unidad de mapeo se realizó con intervalo mensual ya que los registros históricos se encuentran de esta forma.

2.4.3.2 Determinación de la evapotranspiración potencial

Para la determinación de la evapotranspiración, se utilizó el método de Hargreaves debido a que éste método está diseñado para la región centroamericana y por ser un método práctico y confiable.

La ecuación utilizada es la siguiente:

$$ETP = 0.0075 \times TMF \times RSM$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración en mm/mes

TMF: Temperatura media mensual en grados Fahrenheit

RSM: Radiación solar incidente mensual

$$RSM = 0.075 \times RMM \times S^{1/2}$$

Donde:

RMM: Radiación mensual extraterrestre en mm/mes, obtenido de tablas.

S: Brillo medio mensual en (%)

$$RMM = RS \times \text{No. de días del mes}$$

Donde:

RS: Radiación solar (Cuadro X de Anexos)

$$S = K_s \times (100 - HR)^{1/2}$$

Donde:

Ks: Constante para Centroamérica igual a 12.5

HR: Humedad relativa media en %

Cuando no se cuentan con datos de humedad media, el brillo medio mensual se calcula por medio de tablas y luego se aplica la siguiente fórmula:

$$S = \left(\frac{N}{24} \right) \times 100$$

Donde:

N: Número de horas de brillo solar

2.4.3.3 Determinación de precipitación efectiva

Para la determinación de la precipitación media en el área de estudio, se utilizó el método de las isoyetas debido a que se adapta mejor a las características de la subcuenca del río Panajachel porque toma en cuenta los accidentes geográficos. El método consiste en dibujar la cuenca a escala, ubicar las estaciones dentro de ella y colocar sus valores de precipitación, con esta información se trazan las isoyetas igual que se trazan las curvas de nivel. Se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_m = \frac{\sum (P_i \times A_i)}{A_t}$$

Donde:

P_m: Precipitación media

P_i: Precipitación media entre dos isoyetas.

A_i: Área entre dos isoyetas y el parte aguas de la cuenca.

A_t: Área total.

Para la determinación de la precipitación efectiva se utilizó el método de Schosinsky & Losilla (2000). Este es un método desarrollado en el área centroamericana y simplifica el procedimiento en el cálculo de la precipitación que infiltra, porque utiliza la infiltración básica del suelo y la precipitación mensual en la zona.

En este método se basa en la utilización de una ecuación resultante de correlación estadística en análisis de bandas de pluviógrafo. Considera la velocidad de infiltración del suelo como el factor principal que condiciona la cantidad de precipitación pluvial que puede infiltrarse.

La fórmula general generada por Schosinsky y Losilla (2000) para la determinación de la precipitación efectiva es la siguiente:

$$P_{ef} = (1 - Ki) \times Ci \times P$$

Donde:

P_{ef} : Precipitación efectiva (precipitación que infiltra)

P: Precipitación mensual

Ci: Coeficiente de infiltración.

Ki: Valor de retención vegetal (para bosque la retención es de 0.20; para cultivos en general 0.12 y para techos de casas, caminos y áreas construidas, es de 0.1 a 0.05)

La relación entre infiltración - precipitación, infiltración - pendientes e infiltración - cobertura vegetal, estos aspectos proporcionaron el coeficiente de infiltración para un determinado suelo e indican la capacidad de infiltración del mismo.

$$Ci = Kfc + Kp + Kv$$

Donde:

Ci: Coeficiente de infiltración

Kfc: Factor de infiltración por efecto del suelo

Kp: Factor de infiltración por efecto de la pendiente

Kv: Factor de infiltración por efecto de la cobertura vegetal.

Schosinsky & Losilla (2000), obtuvieron una ecuación que relaciona la capacidad de infiltración de agua en el suelo (infiltración básica) con la intensidad de la lluvia, y es la siguiente:

$$Kfc = 0.267 \times \ln(fc) - 0.000154(fc) - 0.723$$

Donde:

Kfc: Factor de infiltración de agua en el suelo e intensidad de lluvia.

Ln: Logaritmo neperiano (natural)

fc: Valor de infiltración básica en mm/día

Los valores del factor de infiltración por efecto de la pendiente (Kp) y el factor de infiltración por efecto de la cobertura vegetal (Kv) propuestos por Schosinsky y Losilla (2000), se presentan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Valores de Infiltración básica por efecto de la pendiente (Kp).

Pendiente	(%)	Coefficiente propuesto
Muy plana	0.02 – 0.06	0.30
Plana	0.3 – 0.4	0.20
Algo plana	1 – 2	0.15
Promedio	2 – 7	0.10
Fuerte	> 7	0.06

Fuente: Padilla, 2003.

En todas la unidades de mapeo, la pendiente media que se midió fue mayor del 7 %, por lo que se utilizo el coeficiente $K_p = 0.06$, como se muestra en el cuadro 20.

Cuadro 20. Valores de Infiltración básica por efecto de la cobertura vegetal (Kv).

Tipo de cobertura vegetal	Coefficiente propuesto
Pastos (< 50 %)	0.09
Terrenos cultivados	0.10
Con pastizales	0.18
Bosques	0.20
Pastos (> 75 %)	0.21

Fuente: Padilla, 2003.

El factor K_v , se basó mediante el mapa de cobertura vegetal de la subcuenca del río Panajachel.

2.4.3.4 Calculo del balance hídrico de los suelos

Con la ayuda de una hoja de cálculo, se estimó el balance hídrico, insertando variables como: características físicas del suelo (textura, densidad aparente), infiltración básica, grados o constantes de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente), clima (precipitación y evapotranspiración), cobertura y profundidad radicular.

2.4.3.5 Cálculo de la recarga hídrica

Para el cálculo de la recarga hídrica natural se utilizó la siguiente ecuación:

$$Rh = P_{ef} + HIS - HFS - ETR$$

Donde:

Rh: Recarga hídrica.

P_{ef}: Precipitación efectiva.

HIS: Humedad inicial del suelo.

HFS: Humedad final del suelo.

ETR: Evapotranspiración real.

2.4.3.6 Determinación de áreas críticas de recarga hídrica

Las áreas principales de recarga hídrica natural se identificaron mediante las áreas críticas por los aportes en lámina de recarga potencial, y que se consideren susceptibles a disminuir su potencial de recarga al ser manejadas inadecuadamente

Las áreas críticas se reconocieron considerando aspectos geológicos, infiltración, recarga anual y pendiente. Para determinar las áreas de recarga hídrica se utilizaron ciertos criterios que se identifican en el manual de recarga hídrica, donde para cada uno de estos aspectos se utilizan criterios o categorías, los cuales deben ser evaluadas en cada uno de los aspectos y luego la sumatoria de todos los códigos dará como resultado la categoría de cada área. Las categorías que se consideraron se muestran en el cuadro 21.

Cuadro 21. Matriz de criterios de geología.

Geología	Código
Rocas ígneas o metamórficas no fracturadas	0
Rocas ígneas o metamórficas fracturadas	1
Arenas finas, basaltos permeables, karst	2
Arenas gruesas y gravas	3

Fuente: Padilla, 2003.

La tasa de infiltración tiene influencia en la velocidad con la cual el agua penetra en las primeras capas del suelo, mientras mayor sea esa tasa de infiltración mayor será la oportunidad de las precipitaciones de infiltrar en el perfil del suelo, los valores mas bajos de

tasas de infiltración son para suelos de granulometría fina los cuales causan mayor escorrentía al momento de intensidades de lluvia altas (Padilla, *et al* 2003), (Cuadro 22).

Cuadro 22. Matriz de criterios de infiltración básica.

Tasa de Infiltración Básica (cm/hr)	Código
< 0.15	0
0.15 – 1.5	1
>1.5 – 15	2
>15	3

Fuente: Padilla, 2003.

La pendiente es un factor importante pues es determinante al momento de la escorrentía y sus efectos al suelo, los suelos con relieves más planos no favorecen la escorrentía del agua y permiten un mayor tiempo de contacto del agua con el suelo favoreciendo la infiltración, mientras que suelos de altas pendientes aumentan la velocidad de la escorrentía, por lo tanto se consideran críticas las áreas que tienen altas pendientes por el grado de degradación que pueden causar y la alteración de las condiciones actuales de recarga de estas áreas. (Padilla, *et al*, 2003), Los criterios de pendiente para la determinación de áreas críticas se muestran en el cuadro 23.

Cuadro 23. Matriz de criterios de pendiente.

Pendiente (%)	Código
0 – 12	0
12 – 26	1
26 – 36	2
36 – 55	3
> 55	4

Fuente: Padilla, 2003.

Una de las últimas etapas de la fase de gabinete final es la identificación de aquellas áreas que más aportan al sistema en lámina de agua, esta clasificación se basa en la lámina de agua que aporta al sistema cada unidad muestreada. Las áreas críticas se podrán identificar con la utilización de todo los criterios anteriormente descritos, a los cuales se les asignó un

valor específico. En los cuadros 24 y 25 se muestran las categorías para identificar las áreas críticas de recarga hídrica natural.

Cuadro 24. Matriz de criterios de recarga anual.

Recarga anual (mm/año)	Código
0 – 50	0
50 – 100	1
100 – 150	2
150 – 200	3
>200	4

Fuente: Padilla, 2003.

Cuadro 25. Criterios de susceptibilidad de áreas a ser consideradas áreas críticas.

Categoría	Rango
Baja	0 – 5
Moderada	6 – 9
Alto	10 – 12
Muy alta	13 – 14

Fuente: Padilla, 2003.

2.4.3.7 Elaboración de mapas

Con la información resultante de las matrices, se procedió al procesamiento de los datos espaciales mediante la utilización de software GIS (ArcMap 9.3), en el cual se aplicaron una serie de pasos utilizando herramientas de procesamiento y análisis de datos.

Como resultado final se obtuvo el mapa de identificación de áreas principales de recarga hídrica y un mapa de áreas críticas de recarga natural a un nivel de semidetalle en una escala 1:50000, agrupándose las áreas con recargas similares codificando los colores y texturizándolos.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Ciclo hidrológico

Para la generación de información climática se utilizó como base la estación meteorológica de tipo “A” de El Tablón del INSIVUMEH, también se utilizaron datos de precipitación de dos estaciones tipo “C” privadas propiedad de la Finca Santa Victoria ubicados en el aserradero Santa Victoria y en el casco de la finca.

Con la finalidad de generar más información climática se instalaron dos estaciones de tipo “C”; uno en el casco urbano del municipio de Panajachel y la otra en la Escuela de Formación Agrícola (EFA) de Sololá. En el cuadro 26 se indica la ubicación geográfica de las estaciones y se representan en la figura 23.

Cuadro 26. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.

Estación	Coordenadas UTM		Altitud m s.n.m.	Municipio
	X	Y		
El Tablón	698251.59	1633807.28	2360	Sololá
Panajachel	698986.73	1631085.31	1590	Panajachel
EFA	697140.42	1632826.18	2060	Sololá
Finca	700773.57	1632597.56	1810	Panajachel
Aserradero	703453.99	1633581.10	2350	San Andrés S.

Para este tipo de investigaciones, una de las limitantes es la escasez de información climática del área, en la subcuenca no existen registros históricos climáticos de cada una de las estaciones a excepción de la estación tipo “A” del INSIVUMEH, denominada El Tablón, por ello se tomaron datos de un año de información climática.

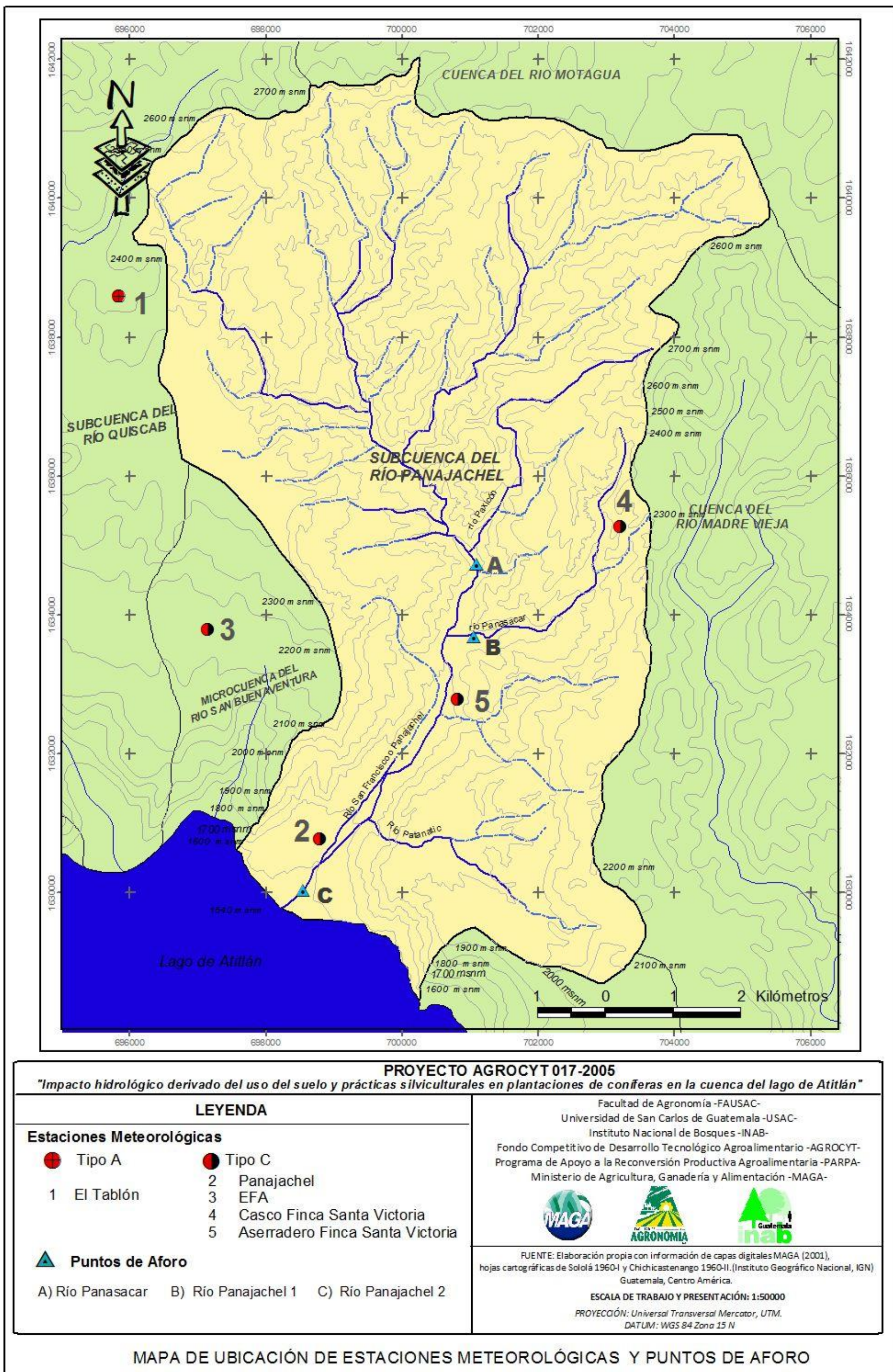


Figura 23. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas y puntos de aforo.

2.5.2 Recurso hídrico

La subcuenca tiene un área de 74.37 km² y un perímetro de 44.88 km, el caudal del río Panajachel en la parte media de las subcuenca está influenciado grandemente por las corrientes intermitentes originadas en la parte alta de esta subcuenca, siendo estas: riachuelo de Xajaxac, río Quechelajjá, río Pacubalyá y río Pachorrojá, estas corrientes no presenta ningún aporte de aguas servidas, únicamente reciben aporte de las corrientes efímeras. En la parte media el río Panajachel está influenciado por los ríos Patzunún y Paxicom como se muestra en la figura 24, recibiendo este último aporte de aguas servidas provenientes del poblado de Concepción, así también se caracteriza por el arrastre de partículas de suelo en gran cantidad debido a la erosión hídrica y a las actividades de extracción de arena.

2.5.2.1 Precipitación pluvial

La precipitación pluvial registrada es uno de los componentes primarios del ciclo hidrológico, Los datos registrados en la subcuenca de un año de monitoreo, se presentan en el cuadro 27, con datos de precipitación pluvial mensual en cada una de las estaciones establecidas donde se registraron datos diarios.

Cuadro 27. Datos de precipitación pluvial mensual en mm, registrados en las estaciones meteorológicas.

ESTACION	2006			2007									Pp anual (mm)
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
EL TABLON	174.5	36.5	39.5	16	0	9	32.5	83	280.5	189.5	226.3	375.6	1462.9
PANAJACHEL	212.3	113.9	26.1	3.6	0.0	6.0	46.1	84.9	98.0	127.5	218	266.3	1202.9
EFA	119.2	65.8	6	1.2	2	1.1	30.5	162.6	226.3	199.4	234.3	242.4	1290.8
ASERRADERO S. V.	234.9	58.3	13.2	9	3	0	29.3	174.3	285.8	156.5	122.4	258.3	1345
CASCO FINCA S. V.	192.5	92.5	23.2	4.5	34.5	8.5	48.2	92.9	123.4	157.5	223.1	231.8	1232.6

S. V.= Santa Victoria

La precipitación máxima anual se registró en la estación El Tablón con 1,462.9 mm y la menor en la estación Panajachel con 1,202.9 mm, comportándose de acuerdo a la orografía del terreno, en la partes altas mayor precipitación y en la parte baja menor precipitación. La distribución son uniformes, con una época seca de noviembre a abril con precipitaciones bajas y una época lluviosa de mayo a noviembre con aumento de precipitación.

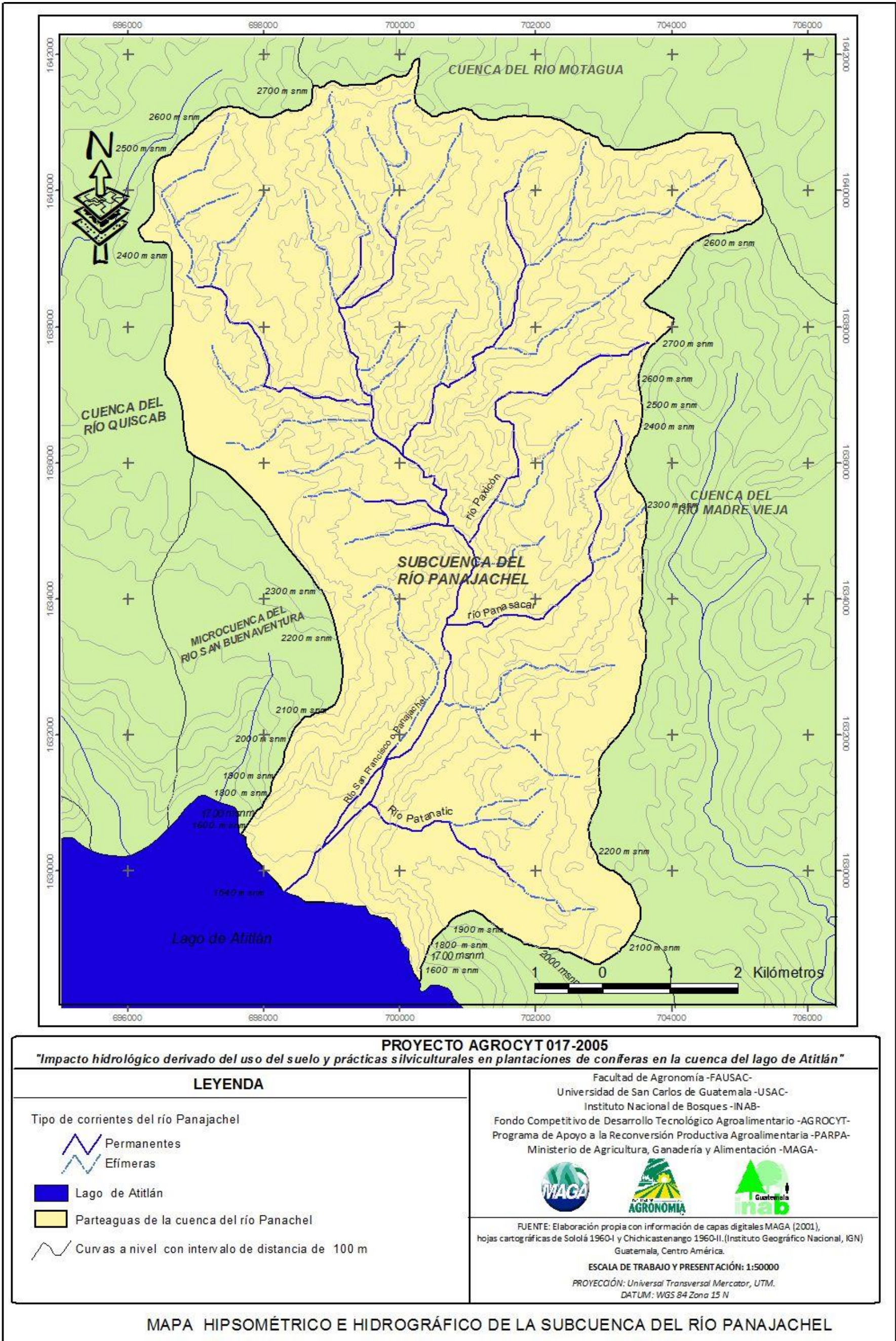


Figura 24. Mapa hipsométrico e hidrológico

2.5.2.2 Temperatura

De acuerdo a los datos registrados de temperatura, en el cuadro 28, se anotan los datos de temperatura media mensual, donde se puede apreciar la disminución por elevación y uniformidad en los valores de cada mes.

Cuadro 28. Datos de temperatura media mensual (°C)

ESTACION	TEMP.	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
EL TABLON	TMAX	21.5	21.2	20.7	20.8	21.7	21.6	22.3	21.2	20.8	21.3	20.9	20.9	21.2
	TMIN	10.3	7.2	8.4	7.5	5.8	4.8	9.2	10.4	10.5	9.8	10.6	10.3	8.7
	TMED	15.9	14.2	14.55	14.15	13.75	13.2	15.75	15.8	15.65	15.55	15.75	15.6	15.0
PANAJACHEL	TMAX	25.1	24.9	25.0	25.7	25.6	25.5	26.3	25.9	25.6	27.3	24.9	25.0	25.6
	TMIN	15.0	12.5	13.9	9.0	10.4	11.8	13.3	11.8	14.4	14.5	14.7	14.7	13.0
	TMED	20.1	18.7	19.5	17.4	18.0	18.7	19.8	18.9	20.0	20.9	19.8	19.9	19.3
EFA	TMAX	21.1	21.2	20.8	24.0	21.9	20.7	22.8	20.9	19.9	20.7	20.6	20.9	21.3
	TMIN	9.4	7.4	6.3	5.0	6.1	8.7	9.0	10.9	11.1	10.4	10.7	11.0	8.8
	TMED	15.25	14.3	13.55	14.5	14	14.7	15.9	15.9	15.5	15.55	15.65	15.95	15.1
ASERRADERO S. V.	TMAX	21.3	19.2	20.8	20.2	20.9	20.9	21.4	21.4	19.8	20.8	21.4	20.5	20.7
	TMIN	9.4	7.4	6.3	5.0	6.1	8.7	9.0	10.9	11.1	10.4	10.7	11.0	8.8
	TMED	15.4	13.3	13.6	12.6	13.5	14.8	15.2	16.2	15.5	15.6	16.1	15.8	14.8
CASCO FINCA S. V.	TMAX	25.2	24.7	25.1	25.8	25.8	24.7	24.4	25.7	26.2	24.8	25.1	24.9	25.2
	TMIN	14.4	12.3	11.5	10.8	11.1	12.5	13.3	12.6	12.9	14.6	13.7	12.5	12.7
	TMED	19.8	18.5	18.3	18.3	18.45	18.6	18.85	19.15	19.55	19.7	19.4	18.7	18.9

2.5.2.3 Evapotranspiración

El método utilizado para el cálculo de la evapotranspiración potencial es el de Hargreaves debido a que es uno de los métodos recomendados por el INSIVUMEH ya que se adapta a las condiciones climáticas del país. Los resultados se muestran en el cuadro 29.

Cuadro 29. Evapotranspiración potencial mensual en mm.

ESTACION	2006			2007									ANUAL
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
EL TABLON	101.42	84.29	81.73	83.83	83.54	101.89	113.30	117.69	118.11	121.22	119.72	108.78	1235.51
PANAJACHEL	116.52	96.15	94.12	92.23	94.80	119.62	128.90	130.32	133.48	140.67	134.18	122.63	1403.63
EFA	101.73	84.55	79.20	84.75	84.20	106.65	115.53	119.82	117.58	121.22	119.36	109.92	1244.52
ASERRADERO S. V.	102.04	81.92	79.20	79.76	85.53	106.98	113.13	120.71	117.41	123.03	120.79	112.53	1243.02
CASCO FINCA S. V.	115.75	95.62	91.21	94.72	95.99	119.46	125.65	131.38	131.89	136.31	132.75	118.88	1389.62

La estación El Táblón registró una menor evapotranspiración de 1235.47 mm y la estación que registró más ETP es la de Panajachel con 1403.63 mm, debido a la diferencia de altitud. A mayor elevación topográfica la misma disminuye, siguiendo el patrón de la temperatura. Para la estación El Tablón los valores diarios varían de 2.64 mm a 3.94 mm en la parte alta y en la parte baja varía de 2.98 a 4.54 según los datos obtenidos de la estación Panajachel. De acuerdo a Cabrera (1997), la evapotranspiración potencial varía entre 1 a 3 mm/día en climas templados y de 5 a 8 mm/día en trópicos húmedos los valores se consideran aceptables.

2.5.3 Escorrentía superficial

Para conocer la cantidad de escorrentía superficial que sale de la subcuenca se determinó el caudal para la época seca y lluviosa realizando aforos diferenciales utilizando el método de sección velocidad.

2.5.3.1 Aforos diferenciales

Para determinar el comportamiento del caudal de cada uno de los ríos monitoreados en la subcuenca, se realizaron aforos a cada 15 días durante el año que duró la investigación, debido a las condiciones de relieve de la subcuenca se aforaron 3 puntos de las corrientes principales en época seca y lluviosa. El comportamiento del caudal en los 3 puntos de aforo se presenta en el cuadro 30, como caudal promedio para cada mes y se representa gráficamente en la Figura 7.

Cuadro 30. Registro promedio de caudal (m^3/s) registrado en cada punto de aforo

Punto de Aforo	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Panasacar	0.31	0.37	0.36	0.42	0.29	0.25	0.23	0.16	0.12	0.16	0.22	0.29
Panajachel S.V.	0.51	0.52	0.72	0.77	0.42	0.39	0.36	0.29	0.26	0.28	0.38	0.51
Panajachel	0.96	0.98	1.22	1.12	0.83	0.7	0.61	0.52	0.42	0.49	0.69	0.89

En época seca los caudales disminuyen considerablemente, según el cuadro 15 y figura 25, el registro más bajo del río Panasacar es de $0.12 m^3/s$, para el río Panajachel en la finca

Santa Victoria es de 0.26 m³/s y para el punto de Panajachel es de 0.42 m³/s, que aumenta más del 100 % en época lluviosa, para el río Panasacar el registro más alto se registró en el mes de octubre con 0.42 m³/s, en el punto Panajachel Santa Victoria, al igual que el punto Panasacar, el mes de octubre registró un caudal de 0.77 m³/s y para el último punto denominado Panajachel fue en el mes de septiembre con 1.22 m³/s.

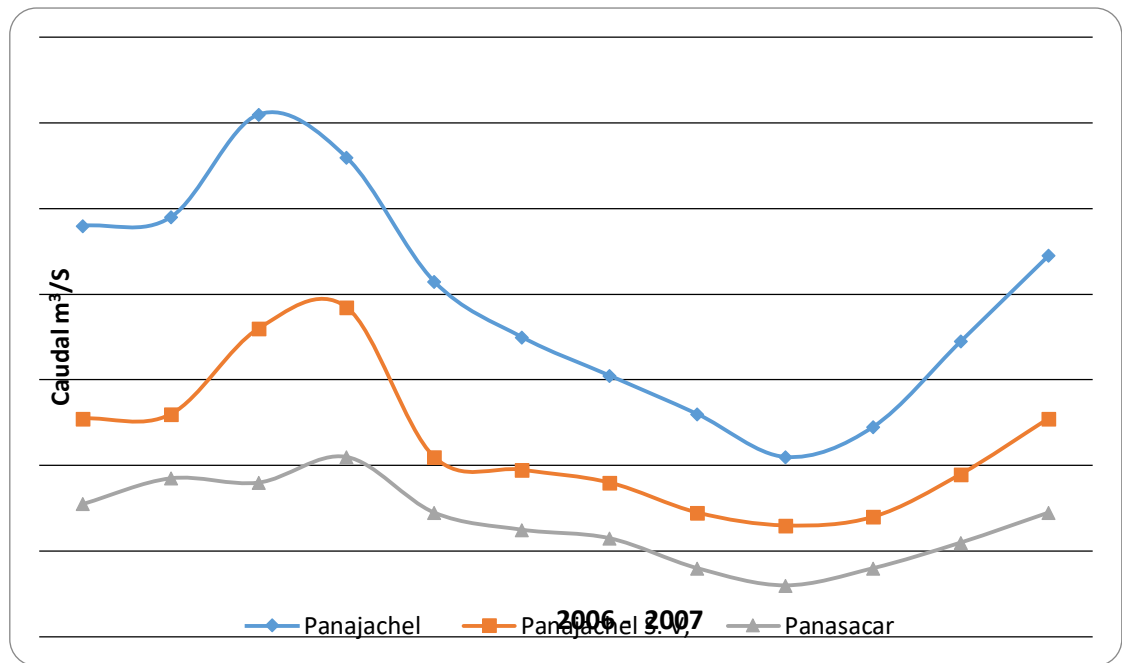


Figura 25. Comportamiento del caudal (m³/s) de los puntos de aforo

En el cuadro 31 se anota el caudal de cada punto de aforo, donde se infiere que entre el caudal de la época seca y lluviosa existe un aumento bien pronunciado, que se debe al comportamiento de la lluvia en estas dos épocas y se muestra la ubicación de los puntos de aforo

Cuadro 31. Aforos diferenciales de la subcuenca del río Panajachel

No.	Lugar	Coordenadas		Altitud m s.n.m.	Caudal estiaje		Caudal invierno		Aumento (%)
		X	Y		l/s	m ³ /día	l/s	m ³ /día	
1	Panajachel	70071	163236	1,890	595.0	51,408.00	976.67	84,384.00	64.15
2	Panajachel	70084	163400	1,840	333.3	28,800.00	568.33	49,104.00	70.50
3	Panasacar	69862	162955	1,720	201.6	17,424.00	328.33	28,368.00	62.81

De acuerdo al comportamiento del caudal en los tramos aforados se incrementa a lo largo del recorrido, lo que nos indica que el río es efluente, el material geológico no presenta fracturas por lo que el agua que capta se convierte en flujo subsuperficial. En época de verano en el punto de aforo Panajachel Santa Victoria, tiene un caudal de 28,800 m³/día mientras que en la época de invierno aumenta a 49,104 m³/día con un incremento del 70.50 %.

Para el punto de aforo Panasacar en verano presenta un caudal de 17,424 m³/día y en invierno presenta 28,368 m³/día con un incremento del 72.03 % y para el punto de aforo Panajachel de 51,408 m³/día aumenta a 84,384 m³/día con un incremento de 64.15 %.

2.5.4 Infiltración

2.5.4.1 Unidades de muestreo

La velocidad de infiltración o su sinónimo: velocidad de entrada, se puede definir como la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo, cuando la superficie del terreno está cubierta por una capa de agua poca profunda. (Grassi, 1989)

Para identificar las unidades de muestreo para la realización de las pruebas de infiltración, se utilizaron herramientas cartográficas como los sistemas de información geográfica, sobreponiendo los mapas geológicos, serie de suelos y uso actual del suelo, definiéndose 19 unidades de muestro que se muestran en el cuadro 16, con la finalidad de disminuir la variabilidad espacial que existen en los suelos, en cuanto a cobertura vegetal, suelos y geología.

La generación de estas unidades de muestreo dio como resultado unidades homogéneas lo que favoreció que estas fuesen cubiertas en mayor proporción para la vegetación permanente circundante y por la concentración de bosques que se consideraron como cobertura permanente.

De las 19 unidades de muestreo la unidad 6 presenta un 13.38 % de superficie total y la que presenta una menor área es la unidad 18 con 0.41 %. Al inicio de la identificación de las unidades se registraron más de 19, pero que no presentan mayor relevancia debido a su extensión, por lo que se obviaron.

Cuadro 32. Unidades de muestreo

Unidad	Descripción	Coordenadas UTM (m)		Área (km ²)	Área (ha)	%
		X	Y			
1	Qa -Cm-Cultivos Anuales	697450	1639744	2.13	213.00	2.92
2	Qa - Pz-Bosque	702987	1632034	1.61	160.50	2.20
3	Qa - Pz-Cultivos Anuales	698213	1625736	5.49	548.60	7.51
4	Qpa - Cm-Bosque	701149	1640867	2.03	202.70	2.78
5	Qpa-Cm-Cultivos Anuales	705259	1639897	0.92	92.00	1.26
6	Qpa - Pz-Bosque	700383	1638085	9.78	977.80	13.38
7	Qpa-Pz-Cultivos Anuales	701174	1630273	9.16	916.10	12.53
8	Qpa - Pz-Hortalizas	698938	1637446	3.11	311.40	4.26
9	Qpa - Pz-Pastizales	700204	1634153	1.71	171.40	2.35
10	Tc - Cm-Bosque	702655	1636578	7.09	709.10	4.48
11	Tc - Pz-Bosque	699438	1638416	2.96	296.20	9.67
12	Tc - Pz-Hortalizas	700434	1632596	7.22	722.40	4.06
13	Tc - Pz-Matorrales	700663	1632315	0.83	82.60	9.89
14	Tc - Pz-Playas Fluviales	698596	1630043	5.63	562.70	1.13
15	Tc - Pz-Poblados	700025	1640510	3.27	327.10	7.71
16	Tct 2- Pz-Bosque	703267	1636527	1.98	198.10	6.45
17	Tct2-Pz-Cultivos Anuales	699540	1636578	0.30	30.10	2.71
18	Tct 2- Pz-Hortalizas	701123	1635327	3.16	315.70	0.41
19	Tct 2- Pz-matorrales	703906	1640229	4.71	470.80	4.32
				73.03	7308.37	100.00

2.5.4.2 Infiltración básica

Se determinó la velocidad de infiltración en cada unidad de muestreo como se muestra de forma detallada en los cuadros anexos.

Y los valores de infiltración básica se resumen en el cuadro 19, donde se establece que oscilan entre 0.08 y 7.50 cm/h. Estos valores son debido a que los suelos son de origen volcánico, con textura gruesa, porosidad primaria o permeable.

Una de las características de la subcuenca es que presenta un alto grado de infiltración esto porque existe en su mayoría suelos Franco Arenosos, el cuadro 33 se visualiza cada uno de los valores de infiltración de cada unidad de mapeo. La unidad 4 registró mayor infiltración con 7.50 cm/h, perteneciente a un suelo franco arcilloso; mientras que la unidad con menor infiltración con 0.10 cm/h se localizó en la unidad 7.

Cuadro 33. Infiltración básica de suelos por unidad de muestreo.

Unidad	Coordenadas UTM (m)		Infiltración básica (fc)			
	X	Y	cm/h	mm/día	m/día	
1	697450	1639744	0.35	82.80	0.08	1
2	702987	1632034	2.10	504.00	0.50	2
3	698213	1625736	2.60	624.00	0.62	2
4	701149	1640867	7.50	1776.00	1.76	2
5	705259	1639897	0.43	432.00	0.4	1
6	700383	1638085	0.75	180.00	0.18	1
7	701174	1630273	0.10	24.00	0.02	1
8	698938	1637446	1.30	322.00	0.32	1
9	700204	1634153	0.08	19.20	0.02	1
10	702655	1636578	1.31	314.40	0.31	1
11	699438	1638416	0.41	98.40	0.20	1
12	700434	1632596	0.68	163.20	0.16	1
13	700663	1632315	0.74	177.60	0.18	1
14	698596	1630043	0.52	124.80	0.12	1
15	700025	1640510	0.85	204.00	0.20	1
16	703267	1636527	1.95	468.00	0.47	2
17	699540	1636578	1.33	319.20	0.32	1
18	701123	1635327	0.50	120.00	0.12	1
19	703906	1640229	0.86	206.40	0.21	1

2.5.4.3 Coeficiente o porcentaje de infiltración.

Con la ecuación de Schosinsky y Losilla, que considera la infiltración básica de los suelos (fc), la fracción que infiltra por pendiente (Kp) y cobertura (Kv), se determinó el porcentaje

de infiltración para cada unidad de muestreo de la subcuenca del río Panajachel, reportando que los valores oscilan entre 32 hasta 100 % como se muestra en el cuadro 34.

Para el caso de los porcentajes obtenidos por Schosinsky y Losilla el rango es bastante amplio debido particularmente a la fracción que infiltra por efecto de la textura del suelo (Kfc) que en algunas unidades es de 77 % y en otras es apenas de 6 %. También es importante el aporte que hace la cobertura forestal que oscila en un 15% a 20 % lo que hace que la unidad 5 tenga una infiltración del 100 %.

Cuadro 34. Coeficiente de infiltración, por unidad de muestreo.

Unidad	Schosinsky y Losilla				
	fc (mm/día)	Kfc (0.01 %)	Kp (0.01 %)	Kv (0.01 %)	Infiltración (0.01 %)
1	43.20	0.28	0.06	0.15	0.49
2	180.00	0.64	0.06	0.10	0.80
3	127.20	0.55	0.06	0.10	0.71
4	163.20	0.61	0.06	0.20	0.87
5	314.40	0.76	0.06	0.20	1.00
6	40.80	0.26	0.06	0.20	0.52
7	84.00	0.45	0.06	0.10	0.61
8	206.40	0.67	0.06	0.15	0.88
9	124.80	0.55	0.06	0.20	0.81
10	129.60	0.56	0.06	0.10	0.72
11	19.20	0.06	0.06	0.20	0.32
12	57.60	0.35	0.06	0.10	0.51
13	40.80	0.26	0.06	0.15	0.47
14	72.00	0.41	0.10	0.10	0.61
15	52.80	0.33	0.06	0.10	0.49
16	48.00	0.30	0.06	0.15	0.51
17	312.00	0.76	0.06	0.15	0.97
18	319.20	0.77	0.06	0.10	0.93
19	52.80	0.33	0.06	0.09	0.48

2.5.5 Factores que influyen en la recarga hídrica

2.5.5.1 Precipitación media mensual

Se determinó la precipitación media mensual para cada unidad de muestreo, por el método de las isoyetas, los valores se presentan en el cuadro 35.

Es importante destacar, las unidades 5, 7, 6, 3 y 15 que presentan mayor precipitación, porque ésta es parte de los principales factores que contribuyen a la recarga hídrica en las partes altas de las cuencas o subcuencas.

Cuadro 35. Precipitación media mensual en mm, por unidad de muestreo.

Unidad	2006			2007									Total
	OCT	NOV	DIC	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	
1	218.84	76.78	23.12	5.59	1.2	4.98	45.24	102.91	198.84	214.63	315.85	207.98	1415.96
2	166.45	55.63	24.82	3.36	1.39	0.80	34.02	90.81	166.45	179.09	270.94	300.01	1293.77
3	208.94	59.46	19.82	2.12	1.09	3.78	33.55	101.40	208.94	178.98	251.38	287.60	1357.06
4	193.85	54.67	19.63	2.04	0.55	3.71	32.84	92.93	193.85	178.81	306.71	283.13	1362.72
5	236.52	52.95	18.86	7.44	1.03	3.59	35.19	80.53	236.52	179.37	277.64	285.12	1414.76
6	214.11	53.71	9.57	10.52	0.65	1.54	32.26	77.66	214.11	178.67	298.06	282.14	1373.00
7	229.85	52.56	8.88	4.34	0.09	2.20	31.20	81.74	229.85	178.42	238.06	280.16	1337.35
8	183.58	51.79	10.83	5.27	2.42	1.67	31.67	78.71	183.58	178.53	235.75	314.90	1278.70
9	181.80	65.22	9.81	2.18	2.78	0.91	30.97	127.11	181.80	178.37	226.52	309.94	1317.41
10	174.68	63.30	10.53	2.12	1.23	2.18	30.50	125.90	174.68	178.26	240.37	334.75	1338.50
11	185.36	72.89	8.41	2.04	1.20	2.12	38.71	124.09	185.36	180.21	248.44	303.98	1352.81
12	191.59	61.00	8.32	2.31	1.39	2.04	37.54	130.14	191.59	179.93	232.29	317.38	1355.52
13	179.13	66.18	8.00	1.97	1.09	2.31	43.41	122.57	179.13	181.32	205.75	260.30	1251.16
14	158.67	44.12	8.49	1.85	0.55	1.97	36.13	119.85	158.67	179.59	261.13	259.31	1230.33
15	201.38	43.74	8.77	3.22	1.03	1.85	39.30	73.04	201.38	180.35	205.75	266.26	1226.07
16	158.67	46.43	8.20	4.53	0.65	1.91	25.80	81.74	158.67	177.14	204.60	255.34	1123.68
17	157.78	42.21	7.26	4.34	0.09	1.03	15.24	78.71	157.78	177.09	203.44	282.14	1127.11
18	156.89	34.54	7.62	5.27	1.19	0.65	34.02	127.11	156.89	177.48	212.67	280.16	1194.49
19	164.01	66.59	9.57	4.12	1.34	0.09	24.01	125.90	164.01	181.83	205.75	314.90	1262.12

2.5.5.2 Precipitación efectiva

En el cuadro 36, se presenta el resumen de los volúmenes de precipitación efectiva obtenidos por las ecuaciones analizadas, para cada unidad de muestreo, determinándose que en base a Schosinsky y Losilla, se obtiene una mayor lámina de lluvia infiltrada, lo cual teóricamente se convierte en una mayor recarga potencial, porque el suelo se mantendrá saturado de agua.

Cuadro 36. Precipitación efectiva diaria y mensual, por unidad de muestreo.

Tiempo	Precipitación efectiva mensual
No. Unidad	Schosinsky y Losilla
	m³/año
1	833,028
2	740,852
3	282,020
4	2,965,986
5	8,342,610
6	1,892,420
7	8,975,280
8	377,670
9	110,909
10	70,266
11	55,701
12	372,568
13	38,585
14	314,679
15	1,255,309
16	296,679
17	307,182
18	95,324
19	107,021
TOTAL	27,434,090

2.5.5.3 Evapotranspiración potencial mensual

La evapotranspiración potencial media mensual que se muestra en el cuadro 37, se determinó trazando isopleas, ya que ésta sigue el patrón de las temperaturas y los datos de las estaciones meteorológicas evidenciaron que para la subcuenca del río Panajachel, la temperatura es inversamente proporcional a la elevación, o sea que disminuye cuando la elevación aumenta.

Las unidades 5, 1, 4, 15 y 19 son las que presentan menor evapotranspiración potencial lo que expresa que las plantas tienen menor disponibilidad de utilizar agua porque este es el límite máximo que las plantas y el suelo estarían liberando a la atmósfera. Así también implicaría posiblemente una mayor recarga hídrica siempre que exista infiltración de agua y el suelo este a capacidad de campo. En cambio las unidades que se localizan en la parte

baja de la subcuenca como: 14, 13, 12, 18 y 16 al presentar mayor evapotranspiración potencial, en condiciones reales el suelo y las plantas van a liberar más agua a la atmósfera y por lo mismo tienen menores posibilidades de recarga hídrica.

Cuadro 37. Evapotranspiración potencial media mensual en mm, por unidad de muestreo.

Unidad	2006			2007									Total
	OCT	NOV	DIC	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	
1	124.83	127.49	119.91	124.56	125.44	118.20	108.44	92.01	89.53	93.60	93.78	116.61	1334.42
2	131.85	137.09	135.67	135.58	135.15	123.84	116.40	99.77	92.49	95.99	98.25	125.21	1427.30
3	133.31	139.11	138.97	137.89	137.18	125.02	118.06	101.40	93.11	96.49	99.18	127.01	1446.74
4	130.05	134.64	131.64	132.76	132.67	122.40	114.36	97.79	91.73	95.38	97.10	123.01	1403.54
5	123.61	125.81	117.17	122.64	123.75	117.22	107.05	90.66	89.01	93.18	93.00	115.11	1318.22
6	134.13	140.22	140.80	139.17	138.31	125.67	118.99	102.30	93.45	96.77	99.70	128.02	1457.54
7	136.90	144.00	147.00	143.50	142.20	127.90	122.10	105.40	94.62	97.72	101.50	131.40	1494.26
8	134.94	141.34	142.63	140.46	139.44	126.33	119.91	103.20	93.80	97.05	100.22	129.02	1468.34
9	133.64	139.55	139.70	138.40	137.63	125.28	118.43	101.76	93.25	96.60	99.39	127.42	1451.06
10	132.99	138.66	138.24	137.38	136.73	124.75	117.69	101.04	92.97	96.38	98.97	126.61	1442.42
11	134.18	140.30	140.92	139.26	138.39	125.72	119.05	102.36	93.48	96.79	99.74	128.08	1458.26
12	138.04	145.59	149.60	145.33	143.73	128.81	123.43	106.63	95.10	98.11	102.20	132.82	1509.38
13	138.04	145.59	149.60	145.33	143.73	128.81	123.43	106.63	95.10	98.11	102.20	132.82	1509.38
14	138.21	145.81	149.96	145.58	143.96	128.95	123.61	106.81	95.17	98.16	102.30	133.02	1511.54
15	127.72	131.44	126.40	129.10	129.44	120.52	111.71	95.21	90.75	94.58	95.62	120.15	1372.63
16	137.88	145.36	149.23	145.07	143.51	128.68	123.24	106.45	95.04	98.05	102.09	132.62	1507.22
17	136.45	143.41	146.02	142.83	141.53	127.54	121.62	104.87	94.43	97.56	101.18	130.87	1488.32
18	137.88	145.36	149.23	145.07	143.51	128.68	123.24	106.45	95.04	98.05	102.09	132.62	1507.22
19	131.43	136.53	134.74	134.93	134.58	123.50	115.93	99.31	92.31	95.85	97.98	124.71	1421.80

2.5.5.4 Suelos

Las propiedades físicas de los suelos, que se determinaron por unidad de muestreo son: textura, densidad aparente y constantes de humedad. Estas propiedades están estrechamente relacionadas con el movimiento y retención del agua en el suelo.

Las texturas predominantes en los suelos son franco arenosas y franco arcillo arenosa, que se caracterizan por facilitar la infiltración del agua en el suelo.

El contenido de agua del suelo depende del rango de humedad disponible y según el cuadro 38 estos valores son normales para las texturas identificadas, pero en cuanto a densidad aparente la misma es muy baja (0.97 gr/cm^3 a 1.29 gr/cm^3) debido en parte a que el 51 % de los suelos no están cultivado.

Cuadro 38. Propiedades físicas de los suelos, por unidad de muestreo.

Unidad	Humedad (%)		Densidad Aparente g/cm ³	Granulometría			Textura
	1/3 atm	15 atm		Arcilla	Limo	Arena	
	cm ³	pmp		%	%	%	
1	27.42	15.76	1.1745	39.56	10.84	49.6	Arcillo arenoso
2	19.64	10.66	1.00	15.46	20.24	64.3	Franco arenoso
3	14.82	6.89	1.1429	11.26	22.34	66.4	Franco arenoso
4	20.78	6.02	1.1429	19.66	18.14	62.2	Franco arenoso
5	18.02	9.91	1.1765	21.76	16.04	62.2	Franco arcillo arenoso
6	25.08	14.44	1.00	34.36	16.04	49.60	Franco arcillo arenoso
7	18.59	9.81	1.0256	23.86	22.34	53.8	Franco arcilloso
8	19.11	8.96	1.1765	17.56	18.14	64.3	Franco arenoso
9	20.78	6.02	1.1429	19.66	18.14	62.2	Franco arenoso
10	6.48	1.95	1.0256	4.96	7.64	87.4	Arenoso
11	18.74	10.52	1.14	25.96	13.94	60.10	Franco arcillo arenoso
12	12.32	6.27	1.2903	9.16	18.14	72.7	Franco arenoso
13	14.78	8.48	0.9756	17.56	18.14	64.3	Franco arenoso
14	8.89	5.07	1.33	9.32	3.07	87.61	Arena franca
15	18.3	10.41	1.1111	17.56	18.14	64.3	Franco arenoso
16	23.30	12.44	1.11	23.86	20.24	55.90	Franco arcillo arenoso
17	12.75	6.04	1.1429	11.26	20.24	68.5	Franco arenoso
18	10.78	5.53	1.1429	11.26	16.04	72.7	Franco arenoso
19	13.05	6.88	1.2903	17.56	11.84	70.6	Franco arenoso

A. Serie de suelos

En la subcuenca del río Panajachel se ubicaron 2 series de suelos como se muestran en el cuadro 39 y figura 262.

Cuadro 39. Series de suelos presentes en la subcuenca del río Panajachel.

Símbolo	Serie	km ²	%
Cm.	Camanchá	7.83	10.52
Pz	Patzité	65.19	87.66
TP	Totonicapán	1.35	1.82
Totales		74.37	100.00

a) Camancha (Cm)

La serie de suelos Camancha se encuentra localizada en la parte Nor-Oeste de la cuenca (en la parte alta), ocupando un área de 7.83 km² dentro de la subcuenca, la cual corresponde a un 10.52 % del total. Sus principales características son: su formación es de ceniza volcánica, en altitudes de 2300 metros sobre el nivel del mar, relieve de planicies suaves a fuertemente onduladas, buen drenaje, color café muy oscuro, textura media, pH neutro (6.30), regular a bajo riesgo de erosión, regular a alto potencial de fertilidad.

b) Patzité (Pz)

La serie de suelos Patzité se encuentra localizada desde el punto de aforo de la subcuenca hasta las partes altas de la misma, es la serie de suelos mas predominante en el área con 65.19 km² la cual corresponde al 87.66 % del área total.

El material original provienen de cenizas volcánicas pomácea, en altitudes entre 1800 a 2400 metros sobre el nivel del mar, relieve inclinado, buen drenaje, color café oscuro, textura media, pH neutro (6.25), riesgo de erosión alto, potencial de fertilidad regular.

c) Totonicapán (Tp)

La serie de suelos Totonicapán se encuentra localizada en la parte alta de la cuenca en la orientación Nor-Este, específicamente en el cruce de de la carretera Interamericana hacia Godinez. Su extensión es la menor de las tres con un área de 1.35 km², los cuales corresponden a 1.82 % del total del área. Sus principales características son: El Material Original son cenizas volcánicas, encontrado arriba de los 2400 m s.n.m., relieve suave, buen drenaje, color negro o café muy oscuro, textura moderadamente fina, pH ligeramente ácido (5.95), riesgo de erosión alto, potencial de fertilidad regular.

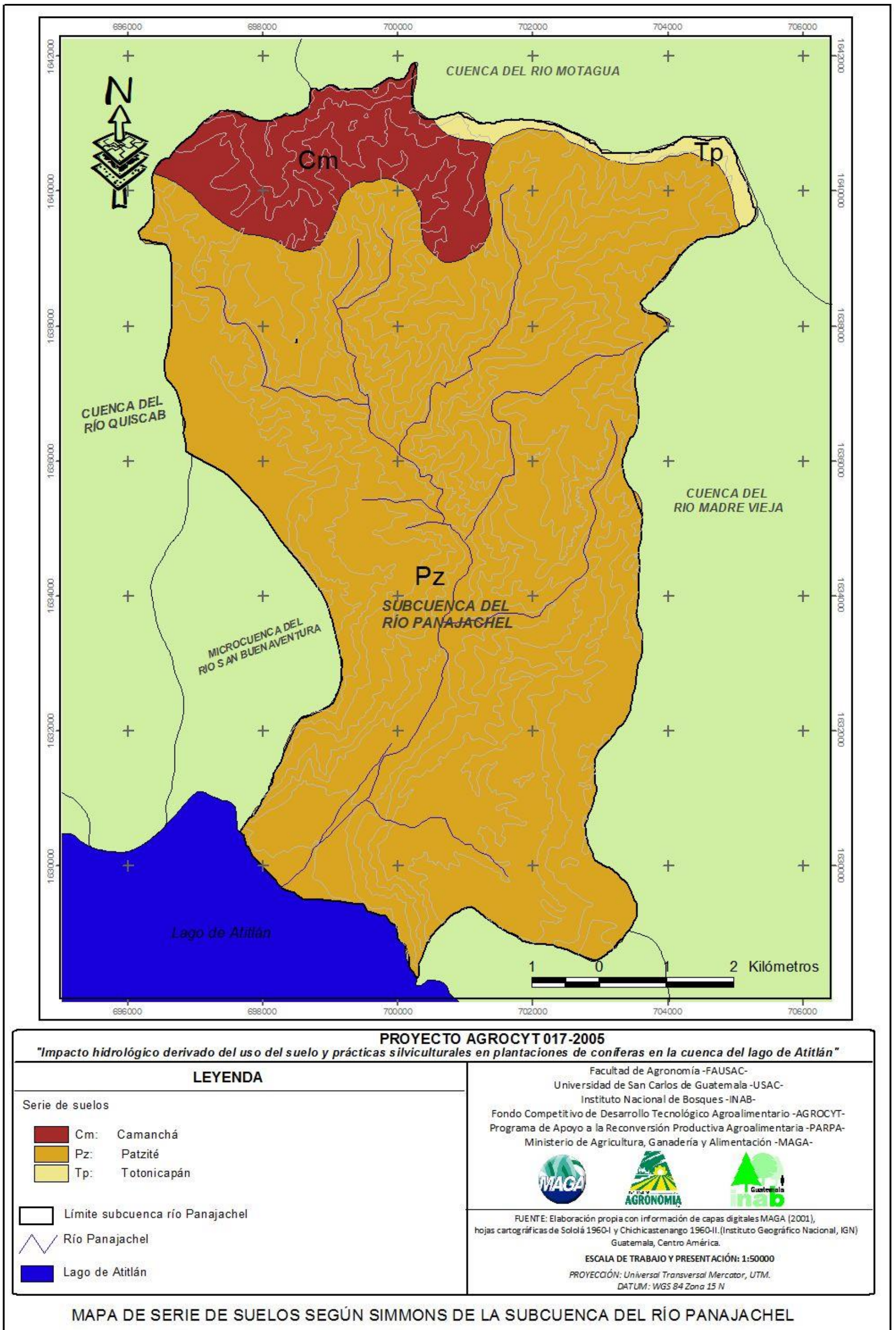


Figura 26. Mapa de serie de suelos.

2.5.6 Geología

La región de la subcuenca del río Panajachel tiene una larga historia tectono-volcánica, por su ubicación en la cordillera volcánica. Su rasgo dominante es un volcanismo que sólo genera edificios volcánicos sino que a través de la historia geológica, ha producido varias impresionantes calderas volcánicas.

Actualmente el Lago de Atitlán y su entorno volcánico se ha formado en tiempo geológicamente reciente, dentro del período del último ciclo volcánico que aparentemente ha estado en proceso en los últimos ciento cincuenta mil años.

Los principales materiales son: los aluviones Cuaternarios (Qa), las rocas ígneas y metamórficas. Entre estas últimas están las del Cuaternarios (Qpa y Qpf) formadas de rellenos y cubiertas gruesas de ceniza pómez de origen diverso. Las rocas volcánicas, incluye coladas de lava, material lahárico, tobas. Según el mapa geológico de Guatemala a escala 1:50,000 se encuentran los siguientes periodos y materiales geológicos. Cuadro 40 y figura 27.

Cuadro 40. Periodos y materiales geológicos de la subcuenca del río panajachel

Periodo	Geología		km. ²	%
Cuaternario	Qa	Flujos de lava priroplastica y lodo asociados con complejos estratovolcanicos;	8.90	11.96
Cuaternario	Qpa	Pómez	9.90	13.31
Cuaternario	Qpf	Pómez	8.29	11.14
	QTa	Igual a Qa, pero sin demostrar si es cuaternario o Terciario	3.11	4.18
Terciario	Ta	Coladas de lava, piroplasticos o lodo.	0.73	0.98
Terciario	Tcf ₁	Sedimentos relleno de caldera fase 1	0.59	0.80
Terciario	Tcf ₂	Sedimentos relleno de caldera, fase 2	10.04	13.50
Terciario	Tli	Toba los Ídolos	11.20	15.06
Terciario	Tc ₁	Toba Inferior la Catarata	1.43	1.92
Terciario	Tc ₂	Toba Superior la Catarata	1.37	1.84
Terciario	Tmt	Toba Maria Tecún	11.60	15.60
Terciario	Tpt	Toba Panajachel	6.76	9.10
		Total	74.37	100.00

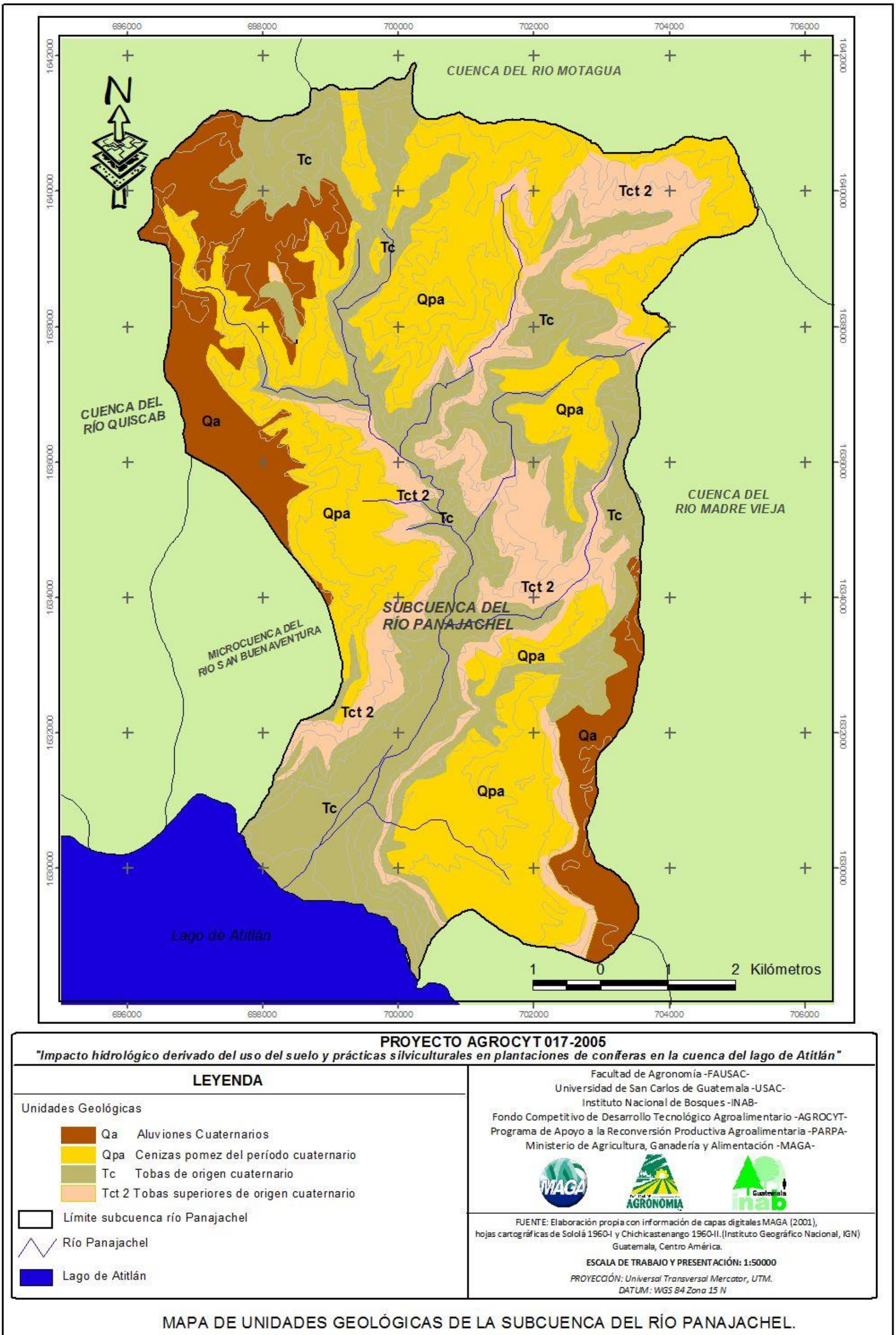


Figura 27. Mapa de unidades geológicas

2.5.7 Uso de la tierra

El uso de la tierra se determinó mediante la clasificación de la UGI, dando como resultado 14 usos distintos de la tierra como se muestra en cuadro 41 y figura 28.

Cuadro 41. Uso actual de la tierra de la subcuenca del río Panajachel

Código	Uso	km²	%
1.1	Pobladros Rurales	1.21	1.63
1.2	Pobladros Urbanos	3.29	4.42
2.1.2	Hortalizas Templado	4.14	5.57
3.2.1	Café	0.85	1.14
4.1.1	Maíz	14.47	19.45
6.1.1	Conifera Denso	5.82	7.83
6.1.2	Conifera poco denso	25.12	33.78
6.1.3	Conifera disperso	1.59	2.13
6.2.1	Latifoliar denso	0.20	0.27
6.2.2	Latifoliar poco denso	2.91	3.91
6.3.1	Bosque mixto denso	1.54	2.07
6.6	Matorral	12.33	16.58
9.1.1	Superficie degradada	0.10	0.13
9.3.1	Playas fluviales	0.81	1.09
	Total	74.38	100.0

El uso de la tierra se encuentra distribuido en mayor proporción en lo que es el bosque de coníferas desde bosques densos hasta dispersos, según los pobladores las áreas presentaban por lo regular bosques densos y poco densos, pero después de la tormenta tropical Stan se perdieron áreas con cobertura forestal. En la subcuenca los bosques de coníferas representan más del 43 % del total de área en la parte alta y media de la subcuenca, esto se debe en esta región está ubicada la finca Santa Victoria que se dedica en su mayor parte al manejo forestal. Otro de los usos con más área son las de hortalizas principalmente en los municipios de Concepción y Sololá con un 5.57 %. Los poblados urbanos y rurales representan un 7 %. Los cultivos anuales como el maíz, frijol representan un 19.45 %.

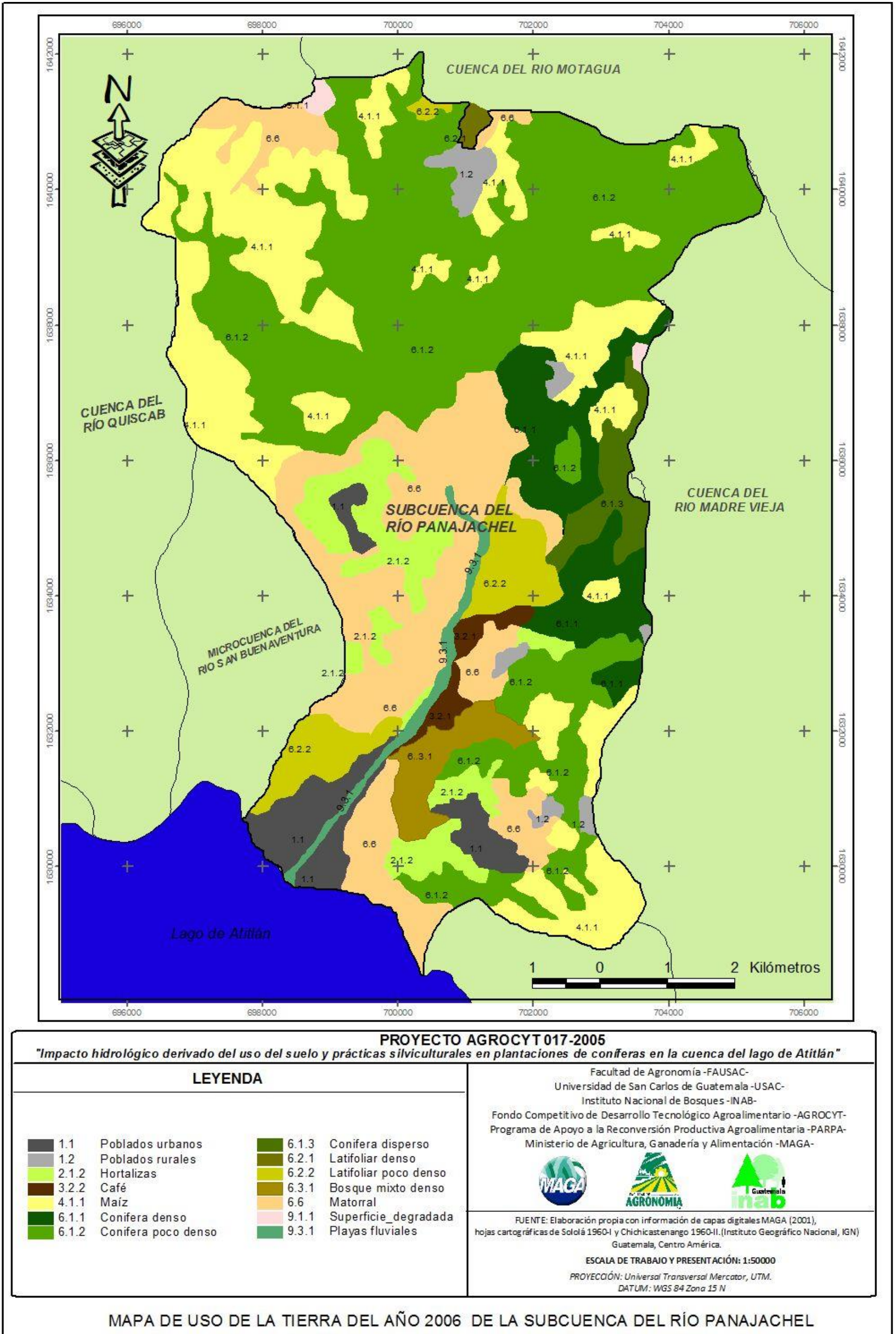


Figura 28. Mapa de uso de la tierra del año 2006

2.5.8 Balance hídrico de suelos

2.5.8.1 Balance hídrico de suelos con datos mensuales

El balance hídrico de suelos de forma mensual se aplicó a 19 unidades de muestreo, definidas en base a la sobreposición de tres temas: uso actual de la tierra, suelos y geología. Los volúmenes de recarga hídrica natural determinados en la subcuenca se resumen por unidad de muestreo. En el cuadro 42 se presenta el resumen del balance hídrico de suelos considerando la precipitación efectiva por la ecuación de Schosinsky y Losilla, en este balance se estima un error de 0.29 % lo que nos indica un balance bastante preciso. De acuerdo con estos valores se deduce que el volumen de los factores que constituye las salidas son levemente mayores que el del calculado de la precipitación pluvial, como única forma de entrada de agua, siendo de 66,946,744 m³/año, mayor el de salida que el de entrada.

Cuadro 42. Resumen de la recarga potencial por unidad, en la subcuenca.

Unidad de mapeo	Precipitación (m ³)	Evapotranspiración real (m ³)	Escorrentía superficial (m ³)	Retención (m ³)	Recarga potencial (m ³)
1	5160802	2843932	414391	1059287	843192
2	178604	112839	0	29353	36413
3	1264575	580712	323880	161017	198966
4	875295	632072	0	89691	153016
5	18248656	10980521	0	1827084	255167
6	758339	484106	0	154329	119905
7	3170270	2002991	3589383	521020	446259
8	13202890	7013956	2377776	1679200	2131957
9	291017	208725	0	29193	41058
10	14478147	9243098	0	1291658	389530
11	116986	19403	86391	14681	14681
12	118549	76181	20909	11837	8528
13	23814	12475	469342	4854	0
14	521443	127394	340117	86021	0
15	515055	153801	273862	64740	22653
16	643345	406082	6089383	64228	67159
17	341333	213040	0	64881	61530
18	1064625	546323	299992	133603	84707
19	323971	165304	507818	53222	10608
Total	66,946,744	31,882,198	19,729,127	9,783,527	5,414,851

Según los resultados del cuadro anterior se definen 4 unidades que no presentan recarga hídrica, siendo éstas: 12,13,14 y 18 representan el 25.5 % del área de la subcuenca. Esto se debe a la infiltración básica que presentan algunas unidades, siendo de 0.08 cm/h a 0.52 cm/h, acompañada por otras características que no favorecen la infiltración como, pendientes escarpadas a muy escarpadas, pedregosidad interna (capas de suelo y subsuelo) y menor lámina de lluvia precipitada, al encontrarse en la parte baja de la subcuenca.

En el cuadro 43 se observa las variables principales en que se resumió el balance hídrico de suelos mensual, para la subcuenca del río Panajachel. Analizando estas variables existe una diferencia de 137, 041 m³/año entre el volumen total de entradas y de salidas, que equivale al 0.29 %. Este porcentaje es el error del balance en que se incurrió al utilizar el método del balance de balance hídrico de suelos mensual, considerándose el mismo aceptable por ser un valor relativamente bajo.

Cuadro 43. Balance hídrico de suelos con datos mensuales

Entrada		Salidas		%
Variable	m ³ /año	Variable	m ³ /año	
Precipitación Pluvial	66,946,744	Evapotranspiración real	31,882,198	48.74
		Escorrentía superficial	19,729,127	24.98
		Retención vegetal	9,783,527	16.58
		Recarga potencial	5,414,851	9.40
Total	66,946,744	Total	66,809,703	99.71

2.5.9 Principales áreas de recarga hídrica natural

Para la determinación de las principales áreas de recarga hídrica natural en cada una de las unidades de mapeo, se identificaron aquellas que por sus aportes en laminas de recarga potencial, constituyen áreas principales de recarga hídrica natural, por lo que la clasificación se realizó basándose en el volumen de recarga hídrica natural de cada unidad de mapeo, obteniéndose los siguientes resultados. Se utilizaron los valores de recarga del balance hídrico mensual porque a través de este método se pudo ponderar precipitación media más precisa para las unidades ubicadas en la subcuenca del río Panajachel, como se presenta en el cuadro 44.

Cuadro 44. Clasificación de recarga potencial, por unidad de muestreo.

Unidad	Recarga hídrica natural (anual)			Recarga potencial (%)	Clasificación
	mm	m ³	m ³ /km ²		
1	113.51	91,492	113,512	2.07	Moderada
2	188.46	51,480	188,463	1.17	Alta
3	125.29	347,230	125,286	7.87	Moderada
4	497.32	2,768,645	497,321	62.71	Muy alta
5	159.32	800,377	159,321	18.13	Alta
6	40.48	198,195	40,477	4.49	Bajas
7	139.00	49,071	139,000	1.11	Moderada
8	130.76	10,586	130,762	0.24	Moderada
9	5.10	2,800	5,103	0.06	Bajas
10	60.69	28,549	60,690	0.65	Moderada
11	170.78	49,851	170,779	1.13	Alta
12	168.15	15,883	168,146	0.36	Alta
13	3.52	692	3,516	0.02	Bajas
14	130.76	10,586	130,762	0.24	Moderada
15	5.10	2,800	5,103	0.06	Bajas
16	60.69	28,549	60,690	0.65	Moderada
17	170.78	49,851	170,779	1.13	Alta
18	168.15	15,883	168,146	0.36	Alta
19	3.52	692	3,516	0.02	Bajas

En el cuadro 45, se observa la distribución de las principales áreas de recarga, evidenciándose que en extensión la recarga muy alta y alta representan un 45.49 % de la superficie total de la subcuenca, la categoría recarga moderada un 35.66 %, baja 15.71 % y nula con 3.15 %.

Cuadro 45. Principales áreas de recarga potencial

Categoría	Extensión		
	km	ha	%
Muy Alta	4.51	450.53	6.06
Alta	29.32	2,932.42	39.43
Moderada	26.52	2,652.13	35.66
Baja	11.68	1,168.24	15.71
Nula	2.34	234.11	3.15
TOTAL	74.37	7,437.43	100

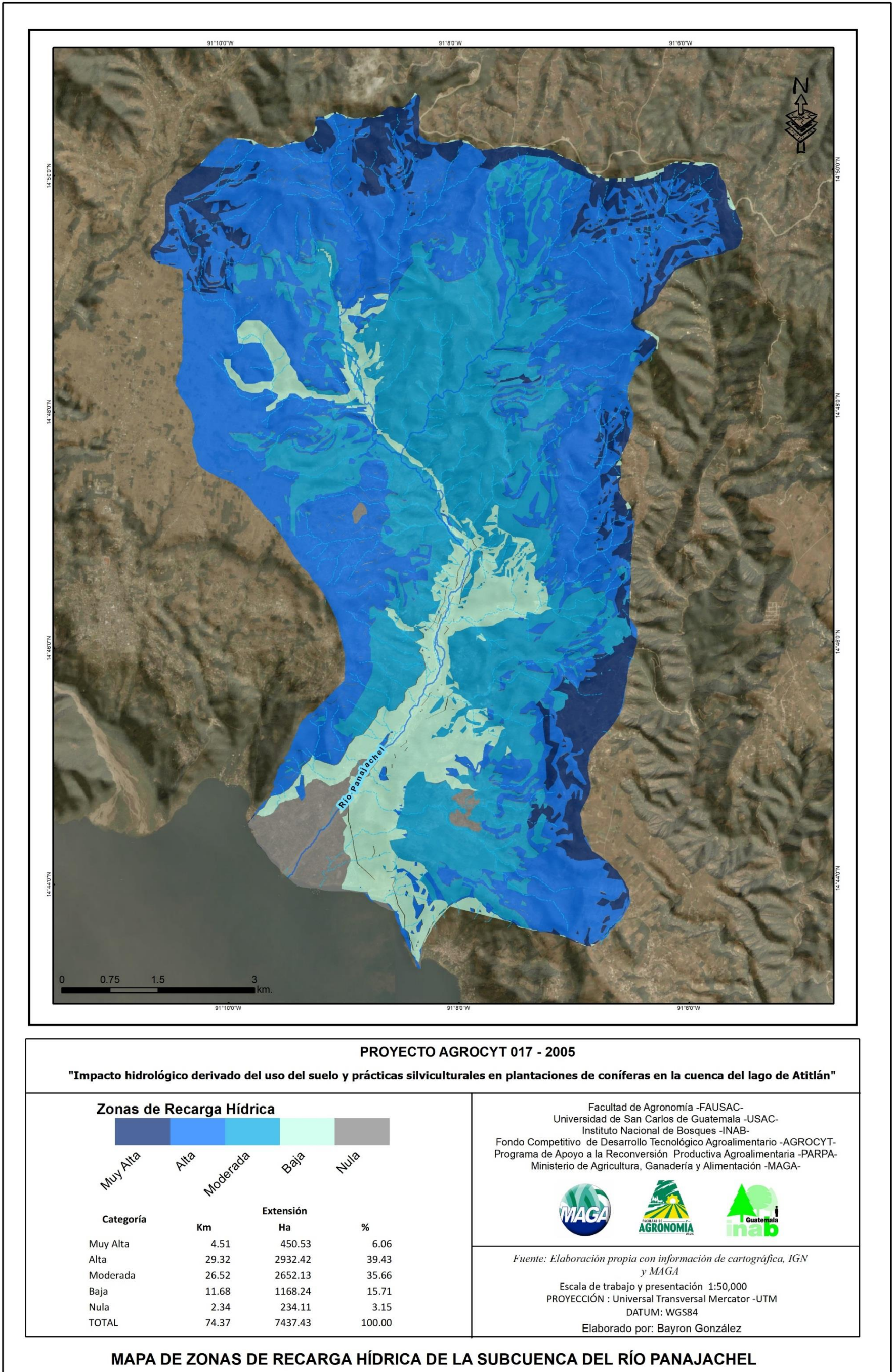


Figura 29. Mapa de áreas de recarga hídrica.

Estas principales áreas de recarga hídrica natural como se muestran en el cuadro 45 y figura 29, son las que se ubicaron en la categoría muy alta y alta, que en conjunto representan el 46% de la recarga potencial y se localizan arriba de la altitud 1900 m s.n.m., en la parte alta, que es donde se concentran los principales manantiales y las áreas de descarga subterránea o subsuperficial, así también son las áreas donde se encuentra la mayor cobertura forestal.

2.5.10 Áreas críticas de recarga hídrica natural

Se priorizaron como áreas críticas, las principales áreas que merecen atención especial partiendo de la premisa de que un manejo inapropiado disminuye el potencial de recarga hídrica natural. Para ello se evaluaron las condiciones prevalecientes, geología, infiltración básica, recarga anual y pendiente, dando como resultado un valor que oscila entre 0 y 10, el cual es proporcional al grado de susceptibilidad.

En el cuadro 46, se anotan los códigos asignados y la categoría otorgada a cada una de las áreas principales, sobresaliendo que las áreas principales de recarga potencial alta y muy alta tienen una susceptibilidad alta y se representan en la figura 30.

El 31.45 % del área total de la cuenca tienen una susceptibilidad alta, el 38.51 % representa una susceptibilidad moderada y el 30.04 % susceptibilidad baja. El porcentaje de susceptibilidad baja tiene un valor aceptable, esto se debe a que en la parte oriental de la subcuenca está ubicada la finca Santa Victoria, que cuenta con una plantación forestal, que cubre aproximadamente el 25 % del total de área de la subcuenca, de no existir esta finca, tendría un aumento a susceptibilidad alta como se muestra en el cuadro 47.

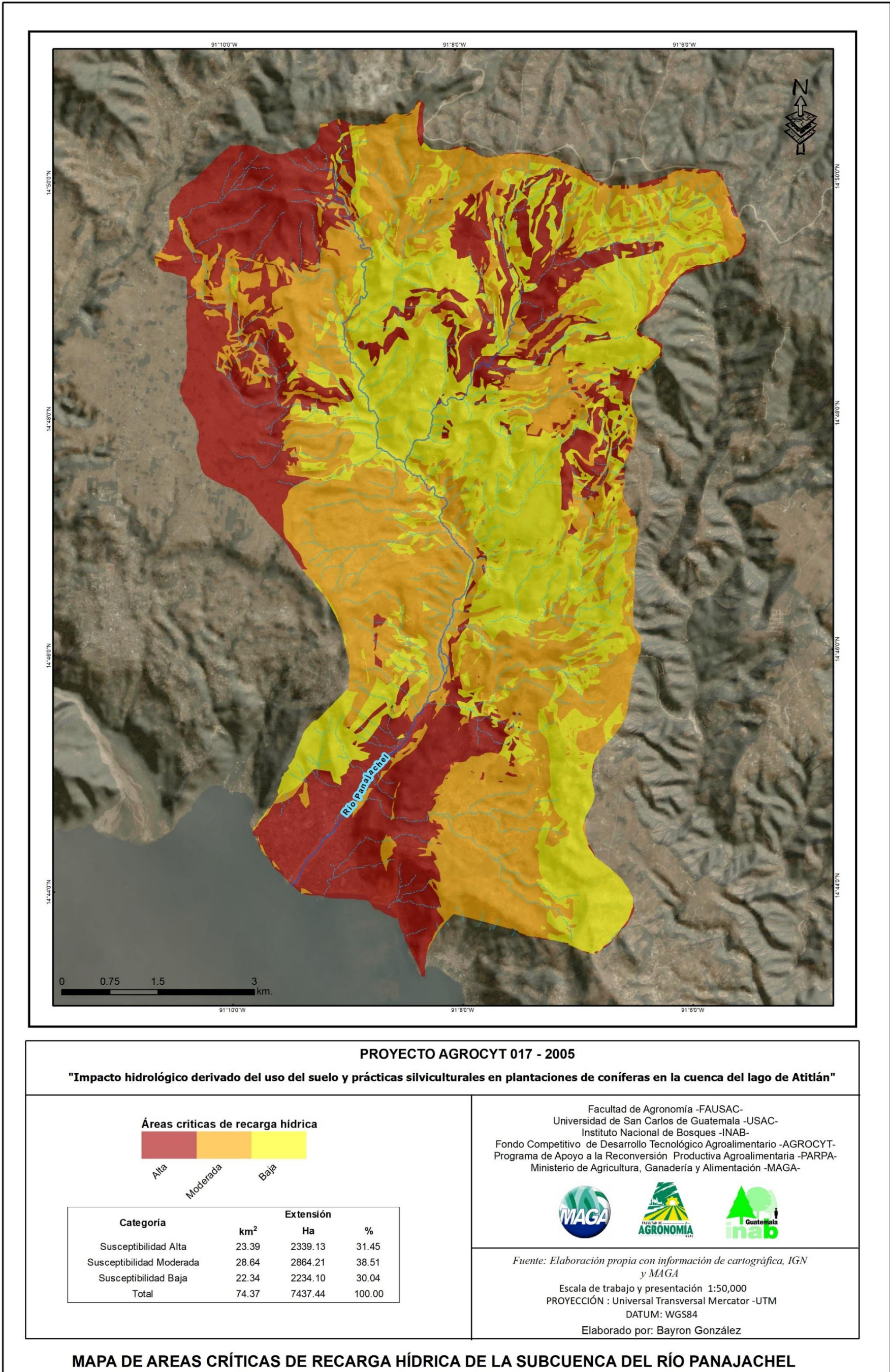


Figura 30. Mapa de áreas críticas de recarga hídrica natural.

Cuadro 46. Extensión de áreas susceptibles.

Categoría	Extensión		
	km ²	ha	%
Susceptibilidad Alta	23.39	2339.13	31.45
Susceptibilidad Moderada	28.64	2864.21	38.51
Susceptibilidad Baja	22.34	2234.10	30.04
Total	74.37	7437.44	100.00

Cuadro 47. Clasificación de susceptibilidad.

Unidad	Descripción	Código asignado				Total	Categoría de Susceptibilidad
		Geología	Infiltración	Recarga	Pendiente		
			básica (cm/h)	anual (mm)	%		
1	Qa - Cm-Cultivos Anuales	1	2	3	0	6	Moderada
2	Qa - Pz-Bosque	1	1	2	1	5	Baja
3	Qa - Pz-Cultivos Anuales	1	1	4	1	7	Moderada
4	Qpa - Cm-Bosque	1	1	1	2	5	Baja
5	Qpa-Cm-Cultivos Anuales	1	2	4	1	8	Moderada
6	Qpa - Pz-Bosque	1	2	4	3	10	Alta
7	Qpa-Pz-Cultivos Anuales	1	1	4	3	9	Moderada
8	Qpa - Pz-Hortalizas	1	2	4	3	10	Alta
9	Qpa - Pz-Pastizales	1	1	4	1	7	Moderada
10	Tc - Cm-Bosque	1	1	2	1	5	Baja
11	Tc - Pz-Bosque	1	1	1	1	4	Baja
12	Tc - Pz-Hortalizas	1	2	4	1	8	Moderada
13	Tc - Pz-Matorrales	1	2	4	3	10	Alta
14	Tc - Pz-Playas Fluviales	1	3	3	3	10	Alta
15	Tc - Pz-Poblados	1	2	4	3	10	Alta
16	Tct 2- Pz-Bosque	1	1	2	1	5	Baja
17	Tct2-Pz-Cultivos Anuales	1	3	4	3	11	Alta
18	Tct 2- Pz-Hortalizas	1	2	4	2	9	Moderada
19	Tct 2- Pz-matorrales	2	1	1	3	7	Moderada

2.5.11 Lineamientos para la protección y manejo de áreas de recarga hídrica natural.

La creciente demanda del recurso hídrico para diversos usos en la subcuenca del río Panajachel, así como su constante deterioro y dada la interrelación que existe entre los

recursos agua, suelo y bosque, se proponen lineamientos generales en las áreas de mayor recarga hídrica, para el manejo sostenible de estos recursos naturales en la subcuenca del río Panajachel. El área de manejo equivale 69 % de la superficie total de la subcuenca, zona ubicada en las partes altas donde se produce el 49 % de la recarga potencial y clasificada como área crítica de alta susceptibilidad.

La propuesta de lineamiento para el manejo de los recursos naturales con la finalidad de proteger las zonas de recarga hídrica en la subcuenca del río Panajachel, busca reducir el impacto y deterioro de estas zonas y reducción de problemas socio-ambientales que afectan grandemente los recursos naturales.

Estas consideraciones van encaminadas para que cada municipalidad tenga herramientas para la conservación de la subcuenca del río Panajachel y que puedan proponer proyectos de manejo y conservación de las zonas de mayor recarga hídrica natural, los cuales tendrán que ser realizados de manera conjunta entre comunidades, municipalidades, entidades del gobierno y organizaciones no gubernamentales que trabajan dentro de la subcuenca. Actualmente existe alta presión socioeconómica y ambiental (consumo humano, contaminación por desechos líquidos y riego principalmente) sobre el caudal del río Panajachel, no existiendo un manejo sostenible en las áreas de recarga hídrica natural, por lo que se propone lo siguientes lineamientos.

2.5.11.1 Recuperación de tierras deforestadas o sin cobertura forestal.

La recuperación de tierras deforestadas o sin cobertura forestal, debe ser una de las prioridades a corto plazo, debido al aumento de amenazas contra el recurso forestal como tala de árboles, aumento de tierras agrícolas, crecimiento poblacional, incendios forestales entre otras. La mayor parte de zona deforestada se encuentra en la parta alta y media de la subcuenca, ubicada en zonas de mayor recarga hídrica natural.

La reforestación se debe efectuar a través de programas de sensibilización a los comunitarios, capacitaciones y promover los programas de incentivos forestales como el

PINPET, brindándoles asistencia técnica constante. Las especies a utilizar para reforestar de preferencia deben ser las nativas.

2.5.11.2 Establecimiento de bosques energéticos y bosques protectores

Otra de las causas de la pérdida de los bosques se debe a que las personas utilizan madera para uso energético denominado comúnmente como leña. El establecimiento de especies como *Alnus*, *Pinus*, *Quercus*, con un manejo sostenible, permitirá que este recurso esté disponible para todos los pobladores que utilizan leña y se promoverá la reforestación de especies nativas con grandes potenciales energéticos.

En áreas con tierras degradadas y escarpadas que poseen poca cobertura forestal o sin cobertura, se propone la reforestación de estas áreas que sean posibles de recuperación y que no sean susceptibles a erosión que puede impedir su recuperación; puede ser a través de manejos de regeneración natural. De no existir una protección de estas zonas, así como de un acompañamiento técnico, son amenazas para los centros poblados principalmente las cabeceras departamentales de Concepción y Panajachel, debido al aumento de fenómenos naturales en los últimos años.

2.5.11.3 Manejo forestal sostenible

Promover el manejo y la producción forestal sostenible en la parte alta de la subcuenca donde se produce la mayor recarga hídrica natural mantendrá la estructura del bosque y la estabilidad de los ecosistemas, para lo cual se recomienda tener en cuenta las siguientes actividades como mínimo para mantener el bosque natural: protección contra plagas y enfermedades, prevención y protección contra incendios forestales, mejoramiento y enriquecimiento del bosque.

Dentro de las plantaciones forestales existentes principalmente en la Finca Santa Victoria, es necesario el apoyo de las entidades del gobierno existentes como INAB y CONAP para que tengan un mejor control en el aprovechamiento del recurso forestal, permitiendo hacer extracciones de bajo impacto a través de planes de manejos sostenibles.

2.5.11.4 Manejo y conservación de los suelos

Dentro de la subcuenca existen áreas que son utilizadas para cultivos principalmente hortalizas en los municipios de Concepción, Sololá y Panajachel, que no poseen buenas prácticas de manejo y conservación de los suelos, esto ha permitido que exista un cambio en la capacidad de uso de las tierras.

Con el establecimiento de prácticas de conservación de suelos en estas áreas, permitirán contrarrestar la escorrentía superficial y mantener la infiltración de los suelos que contribuye a una mayor precipitación efectiva y por ende una mayor recarga potencial. También se debe de crear y brindar alternativas de producción, a las personas que han transformado los bosques en áreas de cultivo ya que se compactan, alta grado de erosión, pérdida de nutrientes, con la cual disminuirá la infiltración y la recarga potencial, redundando en pérdidas y disminución de caudales de las fuentes de agua.

Las prácticas de conservación viables en el área son: barreras vivas, terrazas, sistemas agroforestales y acequias.

2.5.11.5 Protección del agua superficial

Como se ha mencionado, el principal uso que se le ha dado al agua es para consumo humano y riego, promover programas de sensibilización para la protección y manejo del recurso hídrico es una de las actividades de corto plazo con la finalidad de dar a conocer los efectos que provocan su uso inadecuado y la falta de protección, principalmente de las fuentes de agua (nacimientos).

La pérdida de las fuentes de agua en la subcuenca del río Panajachel, tendrá graves repercusiones en el desarrollo de las comunidades que se abastecen del vital líquido, por ello se deben iniciar actividades para la protección de fuentes de agua que aún tienen cobertura forestal, reforestar todas las fuentes de agua que no tengan cobertura forestal, efectuar estudios de calidad de agua y la creación de talleres para concientizar a los

pobladores sobre el uso y manejo adecuado de las fuentes de agua, estas actividades pueden realizarse a través del fortalecimiento o la creación de unidades de medio ambiente de las municipalidades.

Otro de los programas que deben ser impulsados, es el manejo adecuado de desechos sólidos y líquidos que llegan a caer en los cauces del río. Los efectos de la misma, llevan consigo la pérdida de la belleza escénica de la región con un gran potencial turístico ya que estas aguas drenan directamente al lago de Atitlán, la proliferación de enfermedades y la mala calidad de agua para consumo humano.

2.5.12 Fortalecimiento de capacidades locales

2.5.12.1 Capacitación

Es importante que la población tenga conciencia sobre el manejo de los recursos naturales y su interrelación, principalmente con el agua, así como del conocimiento de técnicas que sean sostenibles y adaptables a la región, por lo tanto, se propone a través de capacitaciones, talleres, charlas técnicas, etc, enfatizar en los siguientes aspectos: importancia del uso, manejo y conservación de los recursos agua, suelo y bosque, así como su interrelación en la recarga hídrica; programas de educación ambiental; uso eficiente del agua y sus repercusiones en el futuro, prácticas de conservación de suelos, agricultura orgánica, manejo integrado de plagas, extracción de productos forestales, entre otras.

2.5.12.2 Investigación

Con el propósito de fortalecer el conocimiento de la situación actual de los recursos naturales en la subcuenca, es recomendable realizar investigaciones y darles seguimiento a las que actualmente en actividades puntuales como las siguientes: monitoreo de las estaciones hidrometeorológicas establecidas o que puedan establecerse, considerar además la instalación de estaciones meteorológicas ubicadas principalmente en las partes alta media y baja de la subcuenca, instalación de una estación hidrométrica en el cauce principal y promover estudios de hidrología forestal.

2.5.12.3 Organización

Los lineamientos anteriores solo pueden ser posibles de implementar, en la medida en que existe una organización local sólida, con capacidad de promover la participación comunitaria y con capacidad de gestión para aprovechar las oportunidades del entorno social y natural de la subcuenca. Eso amerita algunas acciones específicas que deben encausarse hacia los líderes locales organizados en los consejos comunitarios de desarrollo (COCODES), los consejos municipales de desarrollo (COMUDES) y la sociedad civil organizada. Esto no se puede lograr sin el acompañamiento de las entidades de gobierno y organizaciones no gubernamentales aglutinados en el CODEDE.

2.5.12.4 Promoción de actividades eco turísticas comunitarias.

Con el potencial turístico de la subcuenca la implementación de actividades ecoturistas, promoverá la conservación y preservación de los recursos naturales y será un aporte más a la economía local y mejorará la belleza escénica de la región.

2.5.12.5 Plan para la mitigación de riesgos en el cauce natural

Con la finalidad de prevenir futuras amenazas en todo el cauce del río Panajachel, es necesario tener una normativa para que regule y norme la expansión de construcciones y la extracción de arena y piedra a lo largo y ancho del cauce natural y que se desarrollen acciones conjuntas para la elaboración de un plan de mitigación de riesgos principalmente en el área que ocupa el municipio de Panajachel.

2.6 CONCLUSIONES

1. La principal área de recarga hídrica natural y área crítica con alta susceptibilidad de disminuir la recarga hídrica potencial se localiza en la parte alta, donde se produce un volumen de recarga potencial anual de 3,569,022 m³. En la parte alta y baja es donde existe mayor disponibilidad de agua para que se de la recarga hídrica o para que escurra el agua y en la parte media de la subcuenca aparentemente no hay suficiente disponibilidad de agua para que ocurra la recarga hídrica, cuando se realizan los análisis a partir de promedios anuales tanto de precipitación como de evapotranspiración.
2. La ecuación de Schosinsky y Losilla es mas adecuada, para determinar precipitación efectiva, en la subcuenca del río Panajachel, debido a que tomó en cuenta la infiltración básica del suelo en base a la unidad de muestreo, lo que permitió reducir la variación del dato estimado respecto al valor obtenido en campo.
3. Se estimó un volumen anual de recarga potencial, aplicando el balance hídrico con los intervalos mensual 4,414,851 m³, considerando el mensual como el más preciso, debido a que toma en cuenta para cada unidad de muestreo las variaciones de humedad del suelo y la evapotranspiración real que condicionan la recarga.
4. Del análisis de los aforos se determina que las corrientes del río Panajachel en la parte alta son los puntos de descarga de la principal área de recarga hídrica natural delimitada.
5. Las áreas de recargas muy altas y altas se ubican el parte alta y media de la cuenca, especialmente en el oriente de la cuenca donde se ubica la Finca Santa Victoria que se dedica a la industrialización de madera y que la mayor parte lo tiene para uso forestal, esto hace a que la subcuenca no tenga mayores áreas susceptibles de recarga.

2.7 RECOMENDACIONES

1. Implementar un proyecto piloto de conservación y manejo del área crítica de recarga hídrica natural, para garantizar que la misma mantenga su función de recarga y abastezca las fuentes de agua.
2. Establecer protección inmediata a los manantiales de la subcuenca del río Panajachel, debido que se ubican a orillas de áreas deforestadas y tienen un uso extensivo para riego de cultivos agrícolas, principalmente en la parte alta.
3. Efectuar estudios de hidrología forestal para darle un mejor uso al bosque con la finalidad de minimizar el impacto de la recarga hídrica natural.
4. Implementar programas de capacitación sobre prácticas agrícolas y forestales, enfocadas al manejo racional del recurso hídrico y la conservación de suelos, debido a que muchos pobladores se dedican al cultivo de hortalizas y las prácticas de conservación de suelos existentes no son apropiadas.
5. Implementar una red de estaciones meteorológicas con la finalidad de obtener información climática, esto se debe a que en la región exista poca información climática que es un obstáculo para realizar investigaciones futuras de este tipo.
6. Crear programas de sensibilización a los pobladores sobre el uso adecuado de los recursos naturales, esto permitirá que no tengan problemas en el futuro debido a la escasez de los recursos naturales especialmente del recurso hídrico.

2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Aparicio, M. 2001. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa. 303 p.
2. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. v. 1-2, 2350 p.
3. De la Cruz S, JR. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
4. Dix, M; Fortín, I; Medinilla, O; Ríos, LE. 2003. Diagnostico ecológico-social en la cuenca de Atitlán. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala / The Nature Conservancy. 13 p.
5. Dourojeanni R, A. 2001. Water management at the river basin level: challenges in Latin America. Santiago, Chile, CEPAL. 72 p. (Natural Resources and Infrastructure Division, Serie 29).
6. Fuentes Montepeque, JC. 2005. Determinación de principales áreas de recarga hídrica natural y de la calidad del agua en la subcuenca del río Cotón, Baja Verapaz. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 199 p.
7. García Benítez, S. 2005. Identificación de áreas de recarga hídrica natural en la subcuenca del río Tzulbá, Joyabaj, Quiché. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 91 p.
8. Herrera Ibañez, IR. 2002. Hidrogeología práctica. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía / Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos. 190 p.
9. _____. 2004. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 223 p.
10. IARNA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala). 2004. Hidrología y meteorología de bosques con énfasis en bosques nubosos: aplicaciones para Guatemala. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 14 p.
11. IGN (Instituto Geográfico Nacional, Guatemala). 1973a. Mapa geológico de la república de Guatemala; hoja Sololá, no. 1960-IIG. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
12. _____. 1973b. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja Chichicastenango, no. 1960-I. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.

13. _____. 1973c. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja Sololá, no. 1960-II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
14. INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). 2003. Censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002. Guatemala. 38 p.
15. Linsley, A. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, McGraw–Hill. 386 p.
16. Losilla, M. 1986. Aguas subterráneas; generalidades, ocurrencia, tipos de acuíferos. *In* Curso bases hidrológicas para el manejo de cuencas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 9 p.
17. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
18. Matus, O. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 228 p.
19. Monsalve Sáenz, G. 1999. Hidrología en la ingeniería. México, Alfaomega. 360 p.
20. Noriega Arriaga, JP. 2005. Determinación de las áreas principales de recarga hídrica natural en la subcuenca del río Sibacá, Chinique, Quiché. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
21. Obando, T. 2010. Fundamentos y métodos de la hidrología. Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 315 p.
22. Padilla Cámara, TA. 2003. Evaluación del potencial hídrico en la subcuenca del río Cantil, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, Guatemala. Tesis MSc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 104 p.
23. Padilla Cámara, TA; Salguero Barahona, MR; Orozco y Orozco, EO. 2003. Metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural: manual capacitación técnica. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía / Instituto Nacional de Bosques. 62 p.
24. Roldán Pérez, G; Ramírez Restrepo, JJ. 2008. Fundamentos de limnología tropical. 2 ed. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia. 439 p.

25. Salguero Barahona, MR. 2002. Estudio hidrogeológico con fines de riego, de la cuenca del río Acomé, Escuintla, Guatemala. Tesis MSc. Admon. Tierras. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 107 p.
26. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
27. Schosinsky, G; Losilla, M. 2003. Notas del curso de hidrología con énfasis en balance hídrico: Curso de capacitación. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 15 p.
28. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 1997. Diagnostico departamento de Sololá (en línea). Guatemala. Consultado 20 mayo 2006. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/49-plan-desarrollo-departamental?download=38:pdd-solola>
29. _____. 2001a. Caracterización del municipio de Concepción. Guatemala. 15 p.
30. _____. 2001b. Caracterización del municipio de Panajachel. Guatemala. 25 p.
31. _____. 2001c. Caracterización del municipio de Sololá. Guatemala. 26 p.
32. _____. 2006. Plan de reconstrucción y reducción de riesgos del departamento de Sololá, basado en el Plan de Desarrollo Sostenible 2006–2007. Guatemala. 127 p.
33. Simmons, CS; Táranos T, 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.

2.9 ANEXOS

2.9.1 Ejemplo de hoja de cálculo de infiltración básica

Unidad de Muestreo 1

Prueba de infiltración 1

Radio = 5 cm.

Coordenadas UTM (m)	
X	Y
697450	1639744

Altura
(m s.n.m.)

Fecha

Cuadro 48 A. Cálculo de infiltración

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad Total cm	Altura cm	$r \ln(h_1 + r/2)$	$r \ln(h_2 + r/2)$	$2(t_2 - t_1)$	VELOCIDAD DE INFILTRACION			
							cm/min	cm/h.	mm/dia	m/dia.
0	0	60	60.00	-	-	-	0	0	0	0
1	8.5	60.00	51.50	20.68	19.94	2.00	0.365	21.927	5262.570	5.263
2	9.6	60.00	50.40	19.94	19.84	2.00	0.051	3.087	740.905	0.741
3	10.6	60.00	49.40	19.84	19.75	2.00	0.048	2.863	687.044	0.687
4	11.5	60.00	48.50	19.75	19.66	2.00	0.044	2.624	629.754	0.630
5	12.0	60.00	48.00	19.66	19.61	2.00	0.025	1.478	354.683	0.355
10	14.5	60.00	45.50	19.61	19.36	10.00	0.025	1.523	365.561	0.366
15	15.6	60.00	44.40	19.36	19.24	10.00	0.012	0.696	166.920	0.167
20	16.5	60.00	43.50	19.24	19.14	10.00	0.010	0.581	139.509	0.140
25	17.5	60.00	42.50	19.14	19.03	10.00	0.011	0.659	158.248	0.158
30	18.5	60.00	41.50	19.03	18.92	10.00	0.011	0.674	161.805	0.162
40	19.5	60.00	40.50	18.92	18.81	20.00	0.006	0.345	82.762	0.083
50	20.5	60.00	39.50	18.81	18.69	20.00	0.006	0.353	84.710	0.085
60	21.6	60.00	38.40	18.69	18.56	20.00	0.007	0.398	95.542	0.096
70	22.8	60.00	37.20	18.56	18.41	20.00	0.007	0.447	107.204	0.107
80	23.6	60.00	36.40	18.41	18.30	20.00	0.005	0.305	73.285	0.073
90	24.5	60.00	35.50	18.30	18.19	20.00	0.006	0.351	49.000	0.049
100	25.5	60.00	34.50	18.19	18.05	20.00	0.007	0.400	43.200	0.043

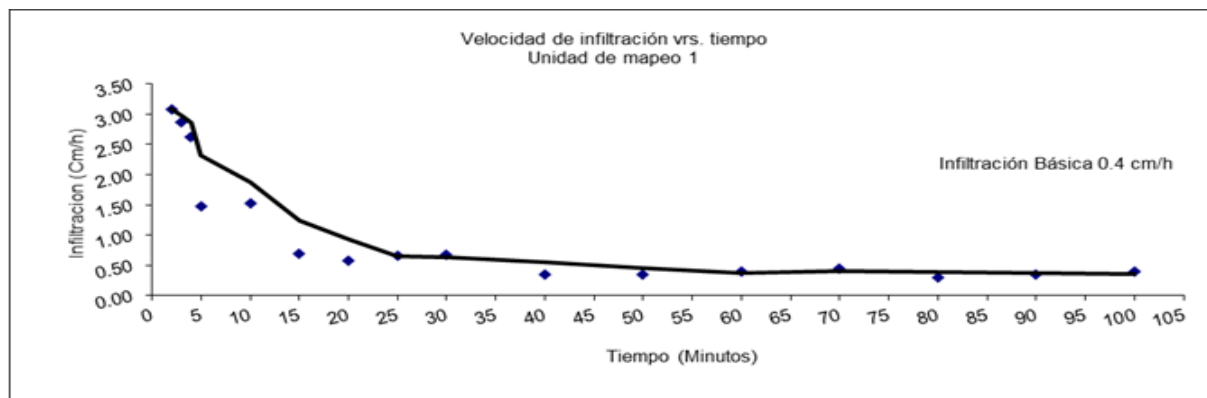


Figura 31A. Ejemplo de gráfica de infiltración básica.

2.9.2 Ejemplo de hoja de cálculo de balance hídrico de suelos

BALANCE HÍDRICO DE SUELOS

Zona de Estudio:

Estación climática:

Textura de Suelo: Franco Arenosa

Simbología

fc: Capacidad de Infiltración.

I: Infiltración.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

PR: Profundidad de Raíces.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.

DS: Densidad de Suelo.

C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

Kp: Factor por pendiente (ver léame)

Kv: Factor por vegetación (ver léame)

Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.

Pi: Precipitación que infiltra.

ESC: Escorrentía Superficial

ETP: Evapotranspiración Potencial.

ETR: Evapotranspiración Real.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

HD: Humedad Disponible

HSf: Humedad de Suelo Final.

DCC: Déficit de Capacidad de Campo.

Rp: Recarga Potencial

NR: Necesidad de Riego.

Ret: Retención de Iluvia

fc [mm/d] 1944.00

Kp [0.01%] 0.20

Kv [0.01%] 0.10

Kfc [0.01%] 1

I [0.01%] 1

DS (g/cm³): 1.03

PR (mm) 2500.00

HSi (mm) 943.03

Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12? 11

Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12 0.20

Por peso

(%) (mm)

CC 36.78 943.04

PM 27.70 710.23

(CC-PM) 9.08 232.81

Concepto	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
P (mm)	185.73	56.78	0.13	2.12	33.55	3.71	20.01	134.16	248.87	242.67	166.23	293.06	1387.02
Ret [mm]	37.15	11.36	0.13	2.12	6.71	3.71	5.00	26.83	49.77	48.53	33.25	58.61	283.17
Pi (mm)	148.58	45.42	0.00	0.00	26.84	0.00	15.01	107.33	199.10	194.14	132.98	234.45	1103.85
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	101.65	90.33	87.78	89.73	96.38	115.68	129.07	128.08	119.36	124.68	120.54	106.53	53.00
HSi (mm)	943.04	943.04	906.84	846.69	804.23	791.40	761.09	749.70	798.48	894.84	943.03	943.04	
C1	1.00	1.00	0.84	0.59	0.52	0.35	0.28	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	
C2	1.00	0.81	0.53	0.36	0.30	0.18	0.13	0.28	0.72	1.00	1.00	1.00	
ETR (mm)	101.65	81.62	60.16	42.46	39.67	30.31	26.39	58.55	102.74	124.68	120.54	106.53	895.30
HSf (mm)	943.04	906.84	846.69	804.23	791.40	761.09	749.70	798.48	894.84	943.04	943.04	943.04	
DCC (mm)	0.00	36.19	96.35	138.81	151.64	181.95	193.34	144.56	48.20	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	46.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.25	12.43	127.92	208.54
NR (mm)	0.00	44.91	123.97	186.08	208.35	267.32	296.01	214.09	64.82	0.00	0.00	0.00	1405.56



CAPÍTULO III

SERVICIOS

**INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO
AGROCYT 017-2005:
"IMPACTO HIDROLÓGICO DERIVADO DEL USO DEL SUELO EN
PLANTACIONES DE CONÍFERAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE
ATITLÁN.**

3.1 PRESENTACIÓN

El presente informe contiene la descripción metodológica de los resultados obtenidos de los servicios realizados en el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, en la subcuenca del río Panajachel, cuenca del lago de Atitlán, dentro del marco del proyecto “Impacto hidrológico derivado del uso del suelo en plantaciones de coníferas en la cuenca del lago de Atitlán”, financiado por el Ministerio de Alimentación y Ganadería (MAGA) a través del fondo competitivo de desarrollo tecnológico agroalimentario (Agrocyt) y la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, (FAUSAC).

El primer servicio se titula: Instalación y monitoreo climático e hidrométrico de la subcuenca del río Panajachel, que consistió en la instalación y monitoreo de dos estaciones meteorológicas, así mismo se monitorearon otras tres estaciones más fuera de la subcuenca, con el objetivo de generar información hidrometeorológica en la cuenca del lago de Atitlán para estudios posteriores.

El segundo servicio, consistió en la elaboración de una propuesta de plan de manejo para la subcuenca del río Panajachel, orientado a mejorar las condiciones de los recursos hídricos, que de acuerdo al diagnóstico realizado, es uno de los recursos con mayores amenazas y deterior ambiental de mayor importancia a atender en la subcuenca.

El tercer servicio, consistió en la elaboración de un manual para la construcción de parcelas de escorrentía y erosión hídrica en la subcuenca del Río Panajachel, como instrumento de apoyo para futuros estudios en esta temática.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

El proyecto Impacto Hidrológico derivado del uso del suelo en plantaciones de coníferas en la cuenca del lago de Atitlán, tiene como área de influencia el estudio de las dos principales cuencas que drenan al lago de Atitlán, que son la subcuenca del río Quiscab y la subcuenca del río Panajachel.

Los servicios que se presentan en este capítulo, fueron realizado en la subcuenca del río Panajachel, la cual abarca los municipio de Concepción, Sololá, Panajachel, San Andrés Semetabaj y Santa Catarina Palopó del departamento de Sololá y el municipio de Chichicastenango del departamento de Quiché.

3.2.1 Objetivo General

Contribuir al mejoramiento de la producción y conservación agropecuaria y forestal a través de la determinación del impacto hidrológico derivado del uso del suelo y de prácticas silviculturales en plantaciones de coníferas en la subcuenca del río Panajachel, cuenca del lago de Atitlán.

3.3 SERVICIO 1: INSTALACIÓN Y MONITOREO CLIMÁTICO E HIDROMÉTRICO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL

3.3.1 Objetivo

1. Instalar tres estaciones meteorológica tipo C para el monitoreo de la precipitación pluvial en la subcuenca del río Panajachel
2. Monitorear los datos de precipitación en las estaciones meteorológicas instaladas en la subcuenca del río Panajachel.
3. Realizar aforos de los principales cauces que drenan en la subcuenca del río Panajachel.

3.3.2 Metas

1. Lograr la instalación de por lo menos dos estaciones en la subcuenca del río Panajachel.
2. Aforar los principales cauces que se localizan en la subcuenca del río Panajachel, a cada 15 días en época seca y 8 días en época lluviosa.
3. Realizar monitoreos y recabar datos climáticos de las estaciones ubicadas en el área y análisis la información semanal, realizando los cálculos necesarios y elaborar una base de datos para el registro de la información generada.

3.3.3 Metodología

3.3.3.1 Instalación de estaciones meteorológicas

Se instalaron dos estaciones de tipo C, uno en la Escuela de Formación Agrícolas y la segunda en el casco urbano del municipio de Panajachel, cada estación estaba equipada con un termómetro de máxima y mínima y un pluviómetro

A. Pluviómetro

El pluviómetro es el aparato que mide la cantidad de agua en precipitación. Este dato se expresa en milímetros o su equivalente, litros por metro cuadrado. Para la instalación: el pluviómetro se instaló en una zona descubierta, sin obstáculos, horizontal y perfectamente fijado. Se consideró como obstáculo cualquier objeto que se interponga en un ángulo de apertura de 45°. Si este está sujeto en un mástil que lo sobrepase o iguale en altura, si no lo supera también será considerado un obstáculo, así como si este puede ser sacudido por la fuerza del viento haciendo que pueda marcar precipitación errónea, por lo tanto si el mástil es muy alto habrá que fijarlo con unos vientos.

B. Termómetro

El termómetro es el sensor que mide la temperatura máxima, mínima o actual. El dato de la temperatura se expresa en grados Celsius, para su instalación debe estar situado en lugar descubierta, sin que tenga una inclinación, este instrumento debe medir la temperatura y no la radiación que reflejen las paredes y suelo de los edificios.

3.3.3.2 Monitoreo de estaciones meteorológicas

A. Precipitación

Los datos de precipitación fueron obtenidos a través de la lectura de pluviómetro, para este monitorero se utilizó uno estándar que tiene un colector con un diámetro de 20 cm donde la lluvia pasa hacia un cilindro medidor o una probeta que se encuentra dentro del recipiente vertido. Según Herrera (1995), El tubo medidor tiene un área transversal que es un décimo de aquella del colector, de tal manera que 1 mm de lluvia llenará el tubo en 1 cm por lo tanto,

1 mm de altura de lluvia equivale a 1 l/m². La información generada se presenta en mm/mes y mm/año.

B. Temperatura

La temperatura fue tomada en el campo por medio de un termómetro que mide la temperatura máxima y mínima, la temperatura media se estimó realizando la suma de los valores de temperatura máxima y mínima y luego dividido dos.

3.3.3.3 Monitoreo hidrométrico

A. Aforo de ríos

Para esta actividad se realizaron aforos en 4 puntos estratégicos de la subcuenca del río Panajachel, en época lluviosa los aforos fueron semanales y en época seca fueron quincenales. El método de aforo utilizado es el de sección-velocidad para lo cual se utilizó molinete y/o flotador para determinar la velocidad.

a. Determinación del área

El método de sección-velocidad de acuerdo a Herrera (1995), este método se determina separadamente la sección transversal del cauce y la velocidad del agua; la sección es determinada por medio de mediciones o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad por cualquiera de los métodos con molinete, flotador o pendiente hidráulica.

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

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Velocidad media (m/s)}$$

Para determinar el área de la sección, se determinó el ancho colocando dos estacas, una en cada orilla del río en dirección perpendicular a la corriente, luego se dividió el ancho del cauce en tramos, para que posteriormente se obtuvo la profundidad en cada uno de los tramos.

- Obtener la profundidad media del área parcial
- Obtener ancho del área parcial:

$$A_i = \frac{(a + 2b + c) \times L}{4}$$

Donde:

A_i = Cualquier área parcial de la sección

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

b. Determinación de la velocidad:

Para la determinación de la velocidad se utilizó el método del molinete, este método para obtener la velocidad media en cada área parcial se utilizó el de 6/10, es el método que más se ha empleado y consiste en colocar el molinete a 0.6 m. de la profundidad de la sección del río, midiendo de la parte superficial del espejo de agua hacia abajo. Es importante que de acuerdo al ancho del río existan espaciamentos recomendados para la toma de mediciones.

3.3.4 Resultados

Para la generación de información climática se utilizó como base la estación meteorológica de tipo "A" de El Tablón del INSIVUMEH, también se utilizaron datos de precipitación de dos estaciones tipo "C" privadas propiedad de la Finca Santa Victoria ubicados en el aserradero Santa Victoria y en el casco de la finca. En el cuadro 49 se indica la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas monitoreadas.

Cuadro 26. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas.

Estación	Coordenadas UTM		Altitud m s.n.m.	Municipio
	X	Y		
El Tablón	698251.59	1633807.28	2360	Sololá
Panajachel	698986.73	1631085.31	1590	Panajachel
EFA	697140.42	1632826.18	2060	Sololá
Finca	700773.57	1632597.56	1810	Panajachel
Aserradero	703453.99	1633581.10	2350	San Andrés S.

A. Estación Panajachel

La estación se localiza en el Municipio de Panajachel, es tipo “C” cuenta con un termómetro de máxima y mínima y un pluviómetro, realizando lecturas diarias por el propietario del lugar donde se instaló la estación y monitoreada por el estudiante del ejercicio profesional supervisado de Agronomía (EPSA).

B. Estación EFA.

En la Escuela de Formación Agrícola, se instaló una estación de tipo “C”, cuenta con termómetros de máxima y mínima y un pluviómetro, en la cual se realizan lecturas diarias por personal y estudiantes de la escuela y monitoreada por el EPSA.

C. Estaciones Finca Santa Victoria y Aserradero.

La estación se ubica en la parte este de la subcuenca del río Panajachel, uno está ubicado en la parte baja de la subcuenca y la otra en la parte alta, esta estación es propiedad de la Finca Santa Victoria, cuenta con un pluviómetro, en el cual las lecturas son realizadas por los trabajadores del área y monitoreada por el EPSA.

3.3.4.1 Precipitación

Los datos obtenidos del monitoreo realizado en las estaciones de El Tablón, Panajachel, EFA, Aserradero Santa Victoria y Casco Finca Santa Victoria se muestran en el cuadro 50.

Cuadro 50. Precipitación media mensual (mm) de las estaciones monitoreadas

ESTACION	2006			2007									Pp anual (mm)
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
EL TABLON	174.5	36.5	39.5	16	0	9	32.5	83	280.5	189.5	226.3	375.6	1462.9
PANAJACHEL	212.3	113.9	26.1	3.6	0.0	6.0	46.1	84.9	98.0	127.5	218	266.3	1202.9
EFA	119.2	65.8	6	1.2	2	1.1	30.5	162.6	226.3	199.4	234.3	242.4	1290.8
ASERRADERO S. V.	234.9	58.3	13.2	9	3	0	29.3	174.3	285.8	156.5	122.4	258.3	1345
CASCO FINCA S. V.	192.5	92.5	23.2	4.5	34.5	8.5	48.2	92.9	123.4	157.5	223.1	231.8	1232.6

De acuerdo a los datos recopilados se logró determinar que la mayor precipitación en el área se presenta en el mes de septiembre para las cuatro estaciones monitoreadas, con registros de mayor precipitación en la Estación El Tablón con 375 mm/mes, y el mes de

menor precipitación fue el de febrero, con un valor de 0.00 mm/mes, para las estaciones ubicadas en Panajachel y en El Tablón.

3.3.4.2 Temperatura

En el cuadro 51 se presentan los datos de temperatura máxima, media y mínima, según los registros de la estación Casco Finca Santa se obtuvo que un valor de 25.8 °C en el mes de febrero y la temperatura mínima registrada es de 4.8 °C en el mes de marzo para la Estación El Tablón.

Cuadro 51. Temperatura mínima, máxima y media mensual (°C)

ESTACION	TEMP.	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	ANUAL
EL TABLON	TMAX	21.5	21.2	20.7	20.8	21.7	21.6	22.3	21.2	20.8	21.3	20.9	20.9	21.2
	TMIN	10.3	7.2	8.4	7.5	5.8	4.8	9.2	10.4	10.5	9.8	10.6	10.3	8.7
	TMED	15.9	14.2	14.55	14.15	13.75	13.2	15.75	15.8	15.65	15.55	15.75	15.6	15.0
PANAJACHEL	TMAX	25.1	24.9	25.0	25.7	25.6	25.5	26.3	25.9	25.6	27.3	24.9	25.0	25.6
	TMIN	15.0	12.5	13.9	9.0	10.4	11.8	13.3	11.8	14.4	14.5	14.7	14.7	13.0
	TMED	20.1	18.7	19.5	17.4	18.0	18.7	19.8	18.9	20.0	20.9	19.8	19.9	19.3
EFA	TMAX	21.1	21.2	20.8	24.0	21.9	20.7	22.8	20.9	19.9	20.7	20.6	20.9	21.3
	TMIN	9.4	7.4	6.3	5.0	6.1	8.7	9.0	10.9	11.1	10.4	10.7	11.0	8.8
	TMED	15.25	14.3	13.55	14.5	14	14.7	15.9	15.9	15.5	15.55	15.65	15.95	15.1
ASERRADERO S. V.	TMAX	21.3	19.2	20.8	20.2	20.9	20.9	21.4	21.4	19.8	20.8	21.4	20.5	20.7
	TMIN	9.4	7.4	6.3	5.0	6.1	8.7	9.0	10.9	11.1	10.4	10.7	11.0	8.8
	TMED	15.4	13.3	13.6	12.6	13.5	14.8	15.2	16.2	15.5	15.6	16.1	15.8	14.8
CASCO FINCA S. V.	TMAX	25.2	24.7	25.1	25.8	25.8	24.7	24.4	25.7	26.2	24.8	25.1	24.9	25.2
	TMIN	14.4	12.3	11.5	10.8	11.1	12.5	13.3	12.6	12.9	14.6	13.7	12.5	12.7
	TMED	19.8	18.5	18.3	18.3	18.45	18.6	18.85	19.15	19.55	19.7	19.4	18.7	18.9

3.3.4.3 Evapotranspiración

La estación El Tablón registró una menor evapotranspiración de 1,237.47 mm anual y la estación Panajachel registro 1403.63 mm al año, eso se atribuye a la diferencia de altitud entre cada estación.

ESTACION	2006			2007									ANUAL
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
EL TABLON	101.42	84.29	81.73	83.83	83.54	101.89	113.30	117.69	118.11	121.22	119.72	108.78	1235.51
PANAJACHEL	116.52	96.15	94.12	92.23	94.80	119.62	128.90	130.32	133.48	140.67	134.18	122.63	1403.63
EFA	101.73	84.55	79.20	84.75	84.20	106.65	115.53	119.82	117.58	121.22	119.36	109.92	1244.52
ASERRADERO S. V.	102.04	81.92	79.20	79.76	85.53	106.98	113.13	120.71	117.41	123.03	120.79	112.53	1243.02
CASCO FINCA S. V.	115.75	95.62	91.21	94.72	95.99	119.46	125.65	131.38	131.89	136.31	132.75	118.88	1389.62

3.3.4.4 Monitoreo de caudales

Para determinar el comportamiento del caudal de cada uno de los ríos monitoreados en la subcuenca, se realizaron aforos con un período promedio de 15 días durante un año, debido a las condiciones de relieve de la subcuenca se aforaron 3 puntos de las corrientes principales en épocas seca y lluviosa.

Cuadro 53. Registro promedio de caudal (m³/s) registrado en cada punto de aforo.

Punto de Aforo	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Panasacar	0.31	0.37	0.36	0.42	0.29	0.25	0.23	0.16	0.12	0.16	0.22	0.29
Panajachel S.V.	0.51	0.52	0.72	0.77	0.42	0.39	0.36	0.29	0.26	0.28	0.38	0.51
Panajachel	0.96	0.98	1.22	1.12	0.83	0.7	0.61	0.52	0.42	0.49	0.69	0.89

Cuadro 54. Aforos realizados en los principales cauces (m³/s)

No	Fecha	Panajachel	Panajachel	Panasacar
		caudal (m ³ /s)	caudal (m ³ /s)	caudal (m ³ /s)
1	04-jul	0.184	0.825	0.071
2	11-jul	0.289	0.960	0.124
3	18-jul	0.279	0.986	0.112
4	24-jul	0.239	1.053	0.085
5	06-ago	0.485	1.157	0.100
6	10-ago	0.508	1.085	0.083
7	02-sep	0.720	1.160	
8	19-sep	0.690	1.220	0.034
9	10-oct	0.504	1.049	0.113
10	22-oct	0.369	1.011	0.127
11	26-oct	0.243	0.635	0.078
12	04-nov	0.214	0.678	0.084
13	08-nov	0.192	0.600	0.079
14	14-nov	0.197	0.573	0.074
15	29-nov	0.154	0.502	0.064
16	07-dic	0.129	0.395	0.058

No	Fecha	Panajachel	Panajachel	Panasacar
		caudal (m ³ /s)	caudal (m ³ /s)	caudal (m ³ /s)
17	12-dic	0.111	0.389	0.054
18	21-dic	0.116	0.364	0.048
19	28-dic	0.114	0.317	0.042
20	08-ene	0.117	0.315	0.040
21	16-ene	0.113	0.311	0.037
22	24-ene	0.094	0.299	0.036
23	09-feb	0.088	0.299	0.036
24	16-feb	0.082	0.298	0.035
25	05-mar	0.083	0.292	0.035
26	21-mar	0.081	0.288	0.025
27	09-abr	0.086	0.297	0.022
28	22-abr	0.130	0.313	0.019
29	05-may	0.161	0.331	0.021
30	13-may	0.180	0.311	0.020
31	23-may	0.192	0.564	0.057
32	09-jun	0.179	0.658	0.062
33	23-jun	0.201	0.669	0.062

3.3.5 Evaluación

1. Se instalaron dos estaciones meteorológicas tipo "C", uno en la Escuela de Formación Agrícola en el municipio de Sololá y otra en la cabecera municipal de Panajachel.
2. Se recolectaron y tabularon los datos diarios de precipitación y temperatura máxima y mínimas de la estación ubicada en el municipio de Panajachel, Escuela de Formación Agrícola(EFA), Finca Santa Victoria y Aserradero Santa Victoria.
3. Se realizaron aforos para la medición de caudales en 4 puntos de la subcuenca del río Panajachel monitoreos realizados de marzo 2006 a noviembre de 2007. En total se realizaron 30 Aforos.

3.3.6 Constancias



Figura 32. Instalación de estación meteorológica Escuela de Formación Agrícola, Solola.



Figura 33. Pluviómetro aserradero, Finca Santa Victoria.



Figura 33. Aforo del río Panajachel.

3.4 SERVICIO 2: PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO

3.4.1 Objetivos

- Presentar un plan de manejo para mitigar en su mayoría los problemas socioeconómicos y biofísicos, encontrados en la subcuenca de Río Panajachel del departamento de Sololá.
- Disminuir el mal uso de los recursos naturales en la subcuenca, involucrando a la población mediante proyectos productivos.
- Brindar lineamiento de manejo de la subcuenca del río Panajachel para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan dentro de la subcuenca.
- Formular proyectos que logren solucionar los problemas más relevantes en la Subcuenca

3.4.2 Metodología

3.4.2.1 Identificación de grupos locales

Para la identificación de los grupos locales se tomaron en cuenta los poblados ubicados dentro de la subcuenca, priorizando los que tenían mayor voluntad de trabajo, por se realizaron reuniones, visitas a las comunidades y una asamblea general para la divulgación y socialización de esta actividad.

3.4.2.2 Lluvia de ideas

Para la obtención de directrices para la presentación de propuestas se realizaron lluvia de ideas con cada uno de los grupos locales, logrando obtener un listad de más de 40 proyectos.

En la lluvia de ideas se trató de incluir a todos los poblados dentro de la subcuenca tomando en cuenta los recursos naturales con que cuentan, de igual manera en algunos lugares

tienen recursos que se pueden aprovechar de una mejor manera, como es el caso de la falta de comercialización de los productos cosechados por ellos mismos.

3.4.2.3 Priorización

En estos proyectos se toman en cuenta todas las actividades que ayudan a tener un desarrollo sostenible utilizando la tierra según su capacidad de uso evitando con ello la degradación de la misma.

3.4.3 Resultados

Dentro de la subcuenca del río Panajachel se encuentran muchos elementos naturales que se convierten en problemas para los pobladores, dentro ellos la morfología de la subcuenca el cual es un problema difícil de combatir, pero sin embargo se pueden priorizar proyectos que ayuden a mejorar las condiciones de vida de sus pobladores. En estos proyectos se toman en cuenta todas las actividades que ayudan a tener un desarrollo sostenible utilizando la tierra según su capacidad de uso evitando con ello la degradación de la misma.

Se priorizan programas agrícolas, forestales, de suelo y agua, infraestructura, de salud y económicos, estos son los más los problemas más sentidos y dentro de los cuales podemos hacer incidencia, en algunos casos planteamos capacitaciones a diferentes sectores de la población los cuales se ven que son incesarías debido a que ya han sido realizadas por otras instituciones y no han tenido ningún resultado satisfactorio.

Algo muy importante tomado en cuenta es el sector social, ya que allí se observa mucha ineficiencia en cuanto a la inversión en servicios sociales por ello la salud de los pobladores es otro aspecto muy importante que se debe tomar en consideración.

3.4.3.1 Resultado de la lluvia de ideas

Entre los principales proyectos que los pobladores propusieron fueron los siguientes:

1. Elaboración de huertos familiares
2. Elaboración de artesanías

3. Producción de hongos en bosques naturales
4. Sistema agroforestal de aguacate y maíz
5. Campaña de prevención de incendios forestales
6. Proyecto de reciclaje
7. Capacitación a los agricultores de agroquímicos
8. Plan piloto de manejo forestal
9. Construcción de una planta de tratamiento de aguas servidas
10. Proyecto piloto de reforestación de especies nativas
11. Proyecto piloto implementación de un bosque energético de especies nativas
12. Elaboración de carbón vegetal de encino y aliso en hornos de ladrillo
13. Senderos ecológicos
14. Capacitación a agricultores en la implementación de prácticas de conservación de suelos
15. Producción y comercialización de abono orgánico
16. Construcción de aboneras tipo compost
17. Implementación de textiles
18. Capacitación a los albañiles
19. Implementación de un taller de artesanías
20. Construcción de un centro de acopio
21. Mejoramiento de red de agua entubada por medio de pozos mecánicos
22. Construcción de un vertedero controlado
23. Contracción de drenajes para aguas servidas
24. Manejo y elaboración de fosas sépticas
25. Equipamiento de puestos de salud
26. Capacitación a docentes
27. Capacitación de salud preventiva
28. Capacitación del tratamiento del agua para consumo
29. Divulgación de la planificación familiar
30. Venta de arena sacada de los causes de los ríos
31. Implementación de un taller de mampostería
32. Producción y comercialización de pavos criollos

33. Granjas comunales para la producción de carne de conejo
34. Producción y comercialización de tillandsias
35. Producción y comercialización de orquídeas
36. Implementación de un cooperativa de lancheros
37. Capacitación a las comunidades para producir tilapias
38. Comprar maquinaria trituradora para la producción de piedrín

3.4.3.2 Programas, subprogramas, y proyectos propuestos para la subcuenca del río Panajachel

Cuadro 7. Programas, subprogramas y proyectos para la subcuenca del río panajachel

	Subprogramas	Proyectos	
3.1.1 Agrícola	Diversificación de cultivos	Elaboración de Huertos Familiares en las aldeas Churunesl I y II Producción de hongos en bosques naturales de la aldea Patzuzum.	
	Sistemas Agroforestales	Sistema Agroforestal (aguacate y maíz) en la aldea Panimache I.	
3.1.2 Forestal	Educación Ambiental	Campaña de prevención de Incendios Forestales en la subcuenca del río panajachel Reciclaje en Aldeas y Caseríos de la Subcuenca del río Panajachel	
	Manejo y restauración	Plan Piloto de Manejo forestal en área comunales, con fines de protección.	
	Reforestación	Proyecto Piloto de Reforestación de especies Nativas en el municipio de San Andrés Semetabaj.	
	Energético		Proyecto piloto, Implementación de un bosque energético de las especies de Encino y Aliso en la aldea Xacaxaj
			Proyecto piloto de elaboración de Carbón vegetal de Encino y Aliso en hornos de ladrillo, en el caserío Pujujilito.
Turismo		Senderos ecológicos comunales con deporte extremo Rapel.	
3.1.3 Suelo y Agua.	Conservación de Suelo y Agua	Capacitación de agricultores en la implementación de practicas de conservación de suelos en las comunidades Churuneles I y II	
	Abonos orgánicos	Producción y comercialización de Abono Orgánico, Lombricompost en la comunidad de Tocache, San Andres Semetabaj,	
3.2.1 Infraestructura	Proyectos de inversión	Construcción de Centro de Acopio en el municipio de Concepción.	
	Manejo de residuos domiciliarios	Construcción de un vertedero controlado en San Andrés Semetabaj Construcción de drenajes para aguas servidas en concepción.	
3.2.2. Salud	Proyectos de inversión	Manejo y elaboración de Fosas Sépticas en las aldeas de San Andrés Semetabaj.	
		Equipamiento de los Puestos de Salud ubicados dentro de la subcuenca del río panajachel	
	Educación	Capacitación de Salud Preventiva en los municipios.	
		Capacitación del tratamiento del agua para consumo, a los pobladores de los municipios de Concepción y San Andrés Semetabaj. Divulgación de la Planificación Familiar en los municipios.	

3.2.3 Economía	Artesanías	Implementación de un taller de mampostería en el caserío Xejuyu I y caserío Panimache.
	Producción de ganado menor	Producción y comercialización de Chumpipe criollo en la comunidad Churunel Centra.
		Granjas comunales para la producción de carne de Conejo.
		Producción y comercialización de Tepezcuintle en la comunidad Xejuyu I
	Aprovechamiento de bienes del bosque	Producción y comercialización de Tillancias en vivero comunal en el caserío Pajujulito.

3.4.3.3 Marco lógico

A. Implementación Artesanal de Huertos Familiares

Título del Proyecto: Implementación Artesanal de Huertos Familiares en las aldeas de Churunel I y II de la Subcuenca del Río Panajachel.

Duración Estimada del Proyecto: 5 años

Resumen Narrativo de objetivos y actividad	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
<p>Meta: Mejorar la seguridad alimentaria y nutricional de las familias más pobres de la Subcuenca del río Panajachel, promoviendo una disponibilidad mayor y más equitativa de alimentos.</p>	<p>El 20 % de la población será beneficiada con la implementación de huertos familiares.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estadísticas del MAGA y de los Centros y Puestos de Salud ▪ Estadísticas Agropecuarias del INE Comparación de las estadísticas con años anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se obtendrán beneficios alimentarios y medicinales que no se ven afectados por las políticas Municipales y Nacionales
<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Específicos Crear hábitos de una producción sostenible de alimentos y plantas medicinales en las comunidades. ▪ Diversificar los cultivos agrícolas y medicinales ▪ Generar una fuente de ingreso ▪ Recuperar conocimientos y técnicas propias del área 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El 20 % de los pobladores de la subcuenca, tendrán insumos alimenticios y medicinales de primera necesidad. ▪ Manejo sostenible de los huertos familiares, reducción de pesticidas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo, durante las supervisiones técnicas ▪ Registros anuales de la producción agropecuaria del MAGA ▪ Monitoreo a las familias beneficiadas, mediante los líderes comunitarios. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se obtendrá un mayor beneficio y un mayor aprovechamiento de los traspatios sin degradar el mismo. ▪ Reducción de residuos domésticos de la zona urbana y rural. ▪ Exportación de especies de plantas medicinales
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Asistencia técnica sobre huertos familiares ▪ Manuales técnicos traducidos a los idiomas Autóctonos del área. ▪ Infraestructura adecuada para los huertos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recibirán una asistencia técnica sobre el manejo de los huertos familiares. ▪ Se trabajarán los manuales técnicos de acuerdo al idioma autóctono. ▪ Una aprovechamiento del 100% del área del huerto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluaciones técnicas Periódicas, dos por año. ▪ Entrevistas con los líderes de las comunidades. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La mayoría de la población tiene un alto interés hacia proyectos de corto plazo que los beneficie económicamente, al reducir los gastos por alimentos y medicinas.

Resumen Narrativo de objetivos y actividad	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ordenamiento adecuado del huerto familiar ▪ Insumos agrícolas y material de siembra. ▪ Abono orgánico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se creara una estructura adecuada para los huertos. ▪ Una diversificación de plantas alimenticias y medicinales, para la venta y consumo propio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevistas con los beneficiarios. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diversificación de plantas para los mercados locales.

Actividades.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar una capacitación técnica a las familias objetivo sobre huertos familiares ▪ Traducción y Distribución de manuales sobre huertos familiares. ▪ Talleres ▪ Distribución de insumos agrícolas y material de siembra (agrícola y medicinal) ▪ Delimitación y ordenamiento del huerto familiar ▪ Compostaje ▪ Supervisión técnica. 	<p>Capacitación técnica: Q. 80,000</p> <p>Manuales traducidos: Q10,000</p> <p>Insumos agrícolas: Semillas Q.8,500 Compostaje Q.1,000</p> <p>Costo Total: Q. 99,500.ºº</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contratos de continuidad del proyecto ▪ Facturas ▪ Recibos ▪ Comprobantes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pueden realizarse sistemas auto sostenibles, ecológica y económicamente ▪ Las semillas se pueden recolectar de otras comunidades aledañas al área de trabajo
--	--	--	---

B. Marco lógico, Sistema Agroforestal (aguacate y maíz)

Titulo del Proyecto: Sistema Agroforestal (aguacate y maíz) en la aldea Panimache I.

Duración estimada del proyecto: 10 años

Resumen Narrativo de objetivos y actividad	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
<p>Meta: Implementar un sistema agroforestal, Taungya, de maíz con aguacate, diversificando la producción agrícola y hacer un uso correcto de la tierra del área.</p>	<p>Implementar el sistema agroforestal en 10 has, de aldea Panicmahe I, del municipio de San Andrés Semetabaj.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros de plantación ▪ Número de plantas de aguacate por hectárea ▪ Número de plantas por maíz. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exista una de manda de los productos ▪ Se realizara un uso adecuado de la tierra.
<p>Objetivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diversificar la producción agrícola ▪ Utilizar el suelo de acuerdo a su capacidad de uso. ▪ Aumentar los ingresos económicos de la población. ▪ Realizar un manejo integrado de plagas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A los 7 años después de plantado obtener una producción continua de aguacate de 25,000 cajas de aguacate por las 10 hectáreas plantadas ▪ Obtener una producción de 300 quintales por las 10 has durante los primeros 2 años y una producción de 250 quintales en el tercer año. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encuesta a los pobladores. ▪ Boletas de producción y venta de aguacate. ▪ Boletas de producción y venta de maíz. ▪ Supervisión de campo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asistencia técnica por parte del proyecto PNFRUTA del MAGA. ▪ Capacitaciones adecuadas.
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtener una producción de maíz ▪ Manejo integrado de plagas y enfermedades. ▪ Prácticas de conservación de suelos. ▪ Producción de aguacate 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtener cosechas de maíz durante los primeros 3 años. ▪ Cosechar aguacate hass después de los primeros cuatro años de plantado. ▪ Plantar 250 árboles por ha de aguacate. ▪ 2250 plantas por ha de maíz. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinación de la intensidad de uso. ▪ Entrevistas con los pobladores. ▪ Flujo de Efectivo del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buen manejo agronómico ▪ Asistencia técnica a los trabajadores.

Actividades

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecimiento de maíz ▪ Plantación de árboles de Aguacate Hass ▪ Construcción de las instalaciones ▪ Compra de insumos (palas, azadones, fertilizantes) ▪ Elaboración Del sistema de Riego ▪ Riego ▪ Fertilización ▪ Cosecha de maíz ▪ Post cosecha de maíz ▪ Venta de maíz en Depósitos de Sololá y Panajachel ▪ Control de enfermedades en el aguacate ▪ Podas en los árboles de aguacate ▪ Cosecha de aguacates ▪ Transporte de Aguacates en cajas de cartón con 30 aguacates ▪ Venta de aguacates 	<p>Presupuesto para el primer año de trabajo.</p> <p>Gastos administrativos Q194,400.00 Construcción Q90,000.00</p> <p>Maquinaria</p> <p>Pick up (vehículo) Q30,000.00 Sistema de riego Q20,000.00 Total de equipo Q13,383.00 Insumos Q61,850.00</p> <p>Jornales 30,650.00</p> <p>Costo total Q. 440,283.00</p>	<p>Comprobantes de pago Facturas y Recibos Tasa interna de retorno (TIR) para 10 años, es de 26 %</p> <p>Después del cuarto año se empezaran a percibir ganancias por el proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El precio estará influenciado por la demanda del producto. ▪ Existir un buen sistema de comercialización para el producto. ▪ Accesorio por parte del MAGA
---	--	--	---

C. Marco lógico, proyecto de reciclaje

Título del Proyecto: de la Subcuenca del río Panajachel

Duración estimada del proyecto: 1 mes, cada 2 años.

Resumen Narrativo de objetivos y actividad	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
<p>Meta:</p> <p>Recolectar todos aquellos materiales que son reciclables, que la mayoría de las veces son tirados en los caminos y ríos, por las aldeas y caseríos y darles un manejo adecuado.</p>	<p>Fomento del reciclaje en las aldeas y municipios, reduciendo la basura en un aproximado del 15 %. Beneficiando a 4 aldeas y 19 caseríos lo que equivale al 66 % de la población de la subcuenca del río Panajachel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cantidad de material reciclado por aldea y caserío. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buscar la demanda de los materiales reciclados. ▪ Búsqueda de ayuda no gubernamental ▪ Interés comunitario.
<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir la basura en corrientes de agua y caminos. ▪ Mejorar el paisaje natural. ▪ Generar ingresos a las aldeas y caseríos. ▪ Disminuir la contaminación por desechos sólidos ▪ Fomentar el reciclaje. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausencia de plagas. ▪ Causas de los ríos sin basura ▪ Disminución de enfermedades gastrointestinales y de la piel ▪ Venta de materiales reciclados. ▪ Cambios paulatinos de hábitos y costumbres de las aldeas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspección de los caminos y causas de los ríos. ▪ Monitoreo de las aldeas y caseríos. ▪ Entrevista a los líderes comunitarios. ▪ Revisión de datos de los puestos de salud. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitaciones eficientes hacia los pobladores ▪ Monitoreo constante por parte de los técnicos. ▪ Interés institucional.
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitaciones sobre reciclaje. ▪ Capacitaciones sobre la reutilización de la basura doméstica. ▪ Brindar un manejo a la basura. ▪ Incrementar ingresos familiares en aldeas y caseríos. ▪ Prevenir plagas y enfermedades potenciales a la comunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ingreso familiar extra por la venta de materiales reciclados. ▪ Menor número de casos de enfermedades ▪ Reducción de plagas, que puedan producir enfermedades. ▪ Menor cantidad de basura en las aldeas ▪ Mejoramiento del paisaje local. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevista por cada casa de las aldeas y caseríos. ▪ Inspección de las áreas aledañas a las aldeas y caseríos. ▪ Entrevista al recolector de los materiales recolectados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los toneles de basura deben de estar separados por tipo de material a reciclar. ▪ Los beneficios deben ser a corto plazo. ▪ Incluir a las comunidades por medio de su líder. ▪ Se debe de existir un cambio paulatino de las comunidades

Actividades.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concientización sobre los beneficios del reciclaje. ▪ Traducción y Distribución de manuales sobre el reciclaje y reutilización de la basura domestica. ▪ Instalación de toneles de basura en las escuelas. ▪ Recolección del material reciclado por aldea. ▪ Venta del material reciclado a empresas recicladoras. 	Capacitación	Q.	80,000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo de la cantidad de reciclados de las 4 aldeas y 19 caseríos de la subcuenca del río Panajachel. ▪ Encuesta en cada casa de las aldeas y caseríos. ▪ Beneficiados el 66% de la población de la subcuenca, con un total de 21,800 personas, 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La municipalidad debe de coordinar las actividades de recolección con los líderes comunitarios. ▪ Interés comunitario, para poner en práctica las actividades. ▪ Recursos suficientes para contratar a técnicos.
	técnica	Q.			
	Manuales		15,000		
	Traducidos	Q.			
	Toneles de		3,000		
	basura	Q			
	Personal		28,000		
	Transporte	Q.			
	del Mat.		8,000		
	Reciclado				
	Costo Total	Q.	42,000.00		

D. Marco lógico, proyecto piloto de reforestación de especies nativas

Titulo del Proyecto: Proyecto piloto de reforestación de especies nativas en el municipio de Concepción y San Andrés Semetabaj

Duración estimada del proyecto: 10 años.

Resumen Narrativo de objetivos y actividad	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
<p>Meta:</p> <p>restaurar la cobertura vegetal nativa del área mediante la implementación de un proyecto piloto de reforestación, conservando la fauna endémica del área y el paisaje</p>	<p>Incrementar la fauna silvestre del área mediante la restauración de 25 has de matorrales. Menor riesgo a la escorrentía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realización de inventarios forestales. ▪ Realización de estudios ecológicos ▪ Estadísticas forestales del CONAP 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restauración ecológica de los matorrales en 10 años con las comunidades. ▪ Reforestación de 25 has con 25 especies endémicas
<p>Objetivos específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Plantación de 25 has con especies nativas del área. ▪ Incrementar las poblaciones de fauna ▪ Realizar una capacitación de los pobladores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reforestar 2.5 has por año. ▪ Ingresar al proyecto PINFOR, como manejo de áreas de protección y conservación. ▪ Restaurar los hábitats ecológicos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Supervisión por parte de CONAP y el INAB ▪ Informes técnicos del CONAP y del INAB ▪ Evaluaciones anuales de fauna silvestres de Vivamos mejor 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Restauración ecológica, del área protegida. ▪ Mayor asistencia técnica y aprobaciones de proyectos. ▪ Mayores fuentes de financiamiento
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación técnica a pobladores, sobre viveros forestales y reforestación. ▪ Semillas de 25 árboles endémicos, y útiles para la fauna ▪ Mecanismos efectivos para la producción de plántulas ▪ Mecanismos efectivos para reforestación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación a las comunidades sobre reforestación de protección y conservación ▪ Crear un diseño de reforestación según la normativa del CONAP ▪ Producción de 5,000 plantas, anuales, listas para campo definitivo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de cobertura vegetal del INAB. ▪ Entrevistas con el personal técnico involucrado. ▪ Entrevistas con líderes comunitarios. ▪ Revisión de informes técnicos forestales del área. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento en el turismo nacional e Internacional ▪ Abrir un mercado de Comercialización de especies de plantas nativas de área ▪ Implementación de un vivero temporal

Actividades.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación técnica a las comunidades ▪ Recolección de semillas ▪ Elaboración de un vivero temporal ▪ Diseño de la reforestación Área y distribución de plantas ▪ Distribución de manuales técnicos sobre reforestación ▪ Reforestación (plantación) ▪ Manejo y Mantenimiento de las áreas reforestadas 	<p>Capacitación técnica: Q 50,000</p> <p>Supervisión Técnica: Q. 50,000</p> <p>Manuales técnicos: Q 5,000</p> <p>Recolección de semillas Q 5,000</p> <p>Insumos de vivero Q 10,000</p> <p>Personal de vivero Q144,000</p> <p>Mantenimiento y manejo Q 70,000</p> <p>Costo Total: Q. 334,000.º º</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprobantes de pago ▪ Facturas ▪ Recibos ▪ Contratos efectuados en el CONAP. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La semilla recolectada debe de ser viable y de buena calidad ▪ Participación voluntaria por parte de las comunidades beneficiarias. ▪ Monitoreo constante de las actividades propuestas.
--	--	--	--

E. Marco lógico, Proyecto piloto, implementación de un bosque energético de las especies de encino y aliso

Titulo del Proyecto: Proyecto piloto, Implementación de un bosque energético de las especies de Encino y Aliso

Duración estimada del proyecto: 10 años

Resumen Narrativo de objetivos y actividad	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
<p>Meta:</p> <p>Implementar un bosque energético con las especies más utilizadas por las comunidades, reduciendo la deforestación de los bosques de protección y comunales.</p>	<p>Reforestar 5 has por año con las especies de encino, aliso y eucalipto, obteniendo un total de 25 has reforestadas al final de 5 años de implementado el proyecto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificación de campo ▪ Encuestas a pobladores. ▪ Revisión de boletas de registro. ▪ Parcelas de muestreo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exista un incremento de la demanda del producto ▪ Exista oferta de leña de encino, de los bosques energéticos. ▪ Manejo sostenible de los bosques.
<p>Objetivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ generar fuentes de empleo. ▪ Incrementar los ingresos familiares. ▪ Crear una oferta de leña, en el mercado local. ▪ Manejar sosteniblemente los bosques. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Al finalizar los 5 años se estará extrayendo leña y empezando a manejar los rebrotes. ▪ Se extraerá por ha un aproximado de 60 metros cúbicos de leña, equivalente a 80 tareas de leña/ha ▪ Obtener una densidad por ha de 2500 plantas (2m*2m) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión de informes del INAB y municipalidades sobre la deforestación. ▪ Encuesta a líderes comunitarios y pobladores. ▪ Inspección de campo, en las áreas bajo manejo de bosque energético. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asistencia técnica por parte del INAB y Municipalidades. ▪ Obtención de licencias para la corta y venta de leña ▪ Disminución de la tala ilícita de árboles para la obtención de leña.
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación técnica ▪ Implementación de vivero ▪ Mecanismos efectivos de reforestación. ▪ Mecanismos efectivos de manejo de rebrotes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de las fuentes de ingreso económico ▪ Tener bosques manejados exclusivamente para producción de leña. ▪ Manejo de rebrotes, Tallar compuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parcelas de muestreo ▪ Entrevistas a pobladores ▪ Inspección del manejo de rebrotes (tallar compuesto) ▪ Entrevista con el regente forestal ▪ Revisión del plan de manejo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitaciones efectivas hacia los pobladores. ▪ Manejo adecuado de las plantaciones. ▪ Coordinar las actividades con el CONAP

Actividades.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación a comunidades ▪ Colecta de semillas de encino yaliso ▪ Implementación de un vivero forestal ▪ Preparación de terreno ▪ Diseño de plantación, 2m*2m ▪ Limpieza y mantenimiento. 	<p>Capacitación técnica: Q 5,000</p> <p>Supervisión Técnica: Q. 50,000</p> <p>Recolección de semillas Q 5,000</p> <p>Insumos de vivero Q 10,000</p> <p>Personal Q 144,000</p> <p>Mantenimiento y manejo De plantaciones Q 20,000</p> <p>Costo Total: Q. 234,000.00</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facturas ▪ Comprobantes de pago ▪ Boleta de extracción y ventas de leña. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecer un vivero forestal eficiente ▪ Utilización de semillas viables y de calidad.
--	---	--	--

F. Marco lógico, Proyecto piloto de elaboración de carbón vegetal de encino y aliso en hornos de ladrillo

Título del Proyecto: Proyecto piloto de elaboración de Carbón vegetal de Encino y Aliso en hornos de ladrillo.

Duración estimada del proyecto: 10 años

Resumen Narrativo de objetivos y actividad	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
<p>Meta: Brindarle un valor agregado a la leña, creando una fuente de ingresos extra a las comunidades sin degradar el ambiente.</p>	<p>Obtener una producción mensual de 70 redes de carbón vegetal de encino. Obtener 7 redes por tarea de leña rolliza</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encuestas a los consumidores de carbón. ▪ Cuantificación de leña carbonizada, y carbón obtenido. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exista un incremento de la demanda del producto ▪ El producto obtenido sea de buena calidad. ▪ Exista oferta de leña de encino, de los bosques energéticos.
<p>Objetivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitar a los pobladores sobre el proceso de carbonización. ▪ Elaborar un horno de ladrillos tipo colmena brasileño. ▪ Darle un valor agregado a la leña de encino y aliso. ▪ Generar una fuente extra de ingreso. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Brindarle un manejo adecuado a su capacidad a la carbonera ▪ Monitoreo constante durante la carbonización. ▪ La leña presente un 25 – 35% de humedad antes de ser carbonizada ▪ No deteriorara el suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecciones de campo. ▪ Monitoreo de el proceso de carbonización ▪ Encuesta a pobladores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El proyecto debe ser lo menos dañino al ambiente. ▪ Debe ser autorizado por el CONAP ▪ Monitoreo constante ene. Proceso.
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ personal capacitado. ▪ Poco impacto al ambiente ▪ Horno de ladrillos tipo brasileño, reutilizable por 10 años. ▪ Generación de ingresos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtener un rendimiento del 80 %, con la implementación del horno de ladrillos. ▪ Obtener derivados de la pirolisis. ▪ Monitoreo constante del horno, durante el proceso de carbonización. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Boletas de cuantificación de carbón extraído. ▪ Boleta de Venta, (redes) ▪ Determinación del rendimiento después de cada carbonización. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacitación a los empleados, que manejaran la carbonera. ▪ La leña debe estar relativamente seca, para obtener los rendimientos del 80% ▪ No debe de existir escasez de leña.

Actividades.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboración del horno de ladrillos tipo colmena brasileño. ▪ Instalación de tubería para gases. ▪ Apilado de la leña rolliza en la carbonera, obtenida de bosques energéticos. ▪ Encendido de la carbonera. ▪ Condensación de gases (pirolisis, extracción de derivados de los gases.) ▪ Vigilancia del proceso de carbonización. ▪ Enfriamiento. ▪ Extracción de carbón. ▪ Llenado de redes. ▪ Transporte del producto al punto de venta. ▪ Venta de carbón a mayoristas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horno de ladrillos Q. 7,000 ▪ Tubería para chimenea Q. 500 ▪ Puerta del horno Q. 2,000 ▪ 10 tareas de leña de encino, ó aliso Q. 1,250 ▪ 50 Redes Q. 100 ▪ Transporte a el CENMA Q. 500 ▪ Mano de obra/ mes Q. 1400 <p>Costo Total 1400</p> <p>Se realizara una carbonización por mes Q 12,750.00</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mediante los ingresos y rentabilidad obtenida. <ul style="list-style-type: none"> ○ Ingresos: 70 redes a Q. 85.00 ○ Ingreso de Q. 5950.00 ○ Teniendo una rentabilidad el primer mes de: -53 % ○ Segundo mes con rentabilidad de 83 % 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extracción de leña de bosques energéticos o bosques bajo manejo forestal. ▪ Oferta de leña continúa.
--	---	---	---

G. Marco lógico, Senderos ecológicos comunales con deporte extremo Rapel.

Título del Proyecto: Senderos ecológicos comunales con deporte extremo Rapel.

Duración Estimada Del Proyecto: 4 años

Resumen Narrativo de Objetivos y Actividad	Indicadores objetivamente verificables	Medios de Verificación	Premisas o supuestos importantes
<p>Meta:</p> <ul style="list-style-type: none"> Incrementar los ingresos económicos aprovechando la belleza escénica y la topografía del área sin deteriorarlos. 	<ul style="list-style-type: none"> Los ingresos económicos por familia serán aumentados en el año 2010 con atractivos turísticos diferentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Entrevistas a los pobladores y contabilidad general de los senderos ecológicos para evaluar los ingresos económicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Una nueva fuentes de ingresos que sin que se deteriore los recursos. Los pobladores serán los que administraran los senderos ecológicos.
<p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mayores ingresos Disminuir la degradación de los recursos naturales Incrementar el turismo. 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento anual de ingresos económicos por familia. Disminución de la deforestación por avance la frontera agrícola Numero mayor de turistas nacionales y extranjeros. 	<ul style="list-style-type: none"> Entrevistas a los pobladores Mapa de intensidad de uso de la tierra, inventario forestal. Estadísticas del INGUAT. 	<ul style="list-style-type: none"> Los pobladores se esforzaran por mantener y mejorar la belleza escénica del área. Los pobladores vestidos con sus trajes típicos será otra atractivo para el turismo Cada familia no dependerá tanto de los recursos naturales para las actividades productivas.
<p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Población capacitada en cuanto a deporte extremo Rapel. Senderos ecológicos para mejorar el turismo ecológico, dentro del área con un diferente atractivo. Asociación de pobladores para la administración del sendero comunal. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer tres senderos ecológicos cada uno con tres instalaciones de Rapel de 15 metros cada una. Una asociación integrada por un miembro e la familia interesas en cada uno de los senderos. 	<ul style="list-style-type: none"> Entrevistas, demostraciones por los mismos pobladores. Observaciones de campo. Entrevistas a los turistas si tienen conocimiento de los nuevos senderos. Evaluación del sendero y las instalaciones Mayor Número de familias interesadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Ser instalara infraestructura especial para este atractivo los pobladores del área serán los encargados de lo senderos y el servicio de Rapel. INGUAT. Reforzamiento de las organizaciones de los pobladores será financiada.

H. Marco lógico, capacitación de agricultores en la implementación de prácticas de conservación de suelos

Capacitación de agricultores en la implementación de prácticas de conservación de suelos en las comunidades

Duración estimada del proyecto: 2 meses

Resumen Narrativo de Objetivos y Actividades	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios/Fuentes de Verificación	Premisas/Supuestos Importantes
<p>Meta</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacitar por lo menos al 30% de los agricultores (33 personas) de las comunidades Churuneles I y Churuneles II sobre la importancia de las prácticas de conservación de suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> Asistencia de por lo menos 30% de los agricultores de las comunidades de Churuneles I y Churuneles II. 	<ul style="list-style-type: none"> A través de datos cuantitativos. 	<ul style="list-style-type: none"> Interés por la capacitación. Disposición de capacitadores y agricultores.
<p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Incrementar las prácticas de conservación de suelo en la Subcuenca del Río Panajachel. Reducir la erosión del suelo en la Subcuenca. Reducir el impacto de la escorrentía superficial en el suelo. Reducir el asolvamiento de corrientes y cuerpos de agua. Aumentar la capacidad productiva de los suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> Las prácticas de conservación de suelos serán implementadas en por lo menos el 5% (300 m²) del terreno de los agricultores capacitados. Reducción notable de la erosión laminar, de surcos y de cárcavas en el área. Reducción del caudal y velocidad de la escorrentía superficial. Presencia de cuerpos y corrientes de agua con menor coloración cafés. Mejoría en la calidad y cantidad de productos. 	<ul style="list-style-type: none"> A través de verificaciones en el campo. Conversaciones con los agricultores. 	<ul style="list-style-type: none"> Seguimiento de las actividades en el campo.

<p>Componentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lograr una convocatoria satisfactoria de por lo menos 75% de agricultores (83 personas) de la comunidad. • Elaboración de una parcela demostrativa con diversas prácticas de conservación de suelos. • Concientización de los agricultores de la importancia de implementar prácticas de conservación de suelos. • Motivación de los agricultores a realizar prácticas de conservación de suelos en sus terrenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia de por lo menos 83 agricultores. • Implementación de prácticas de conservación de suelos. • Manifestación satisfactoria por parte de los agricultores. • Que por lo menos el 30% de los agricultores asistentes realicen una práctica de conservación de suelos en sus terrenos, durante el tiempo de duración de la capacitación. • Que los agricultores por propia convicción realicen prácticas de conservación de suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> • A través de datos cuantitativos y cualitativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitadores con carisma y buena didáctica de enseñanza. • Establecimiento de buenas relaciones con los líderes.
<p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concientización a los agricultores de la importancia de las prácticas de conservación de suelos. • Capacitación por medio de la metodología aprender haciendo. • Elaboración de diversas prácticas de conservación de suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitador Q 20,000 • Costos de materiales y equipo Q 8,000 • Refacciones Q 5,000 • Costo Total Q 33,000 	<ul style="list-style-type: none"> • Contratos y comprobantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación de las instituciones interesadas; COCODES, MAGA, AMCLAE, Municipalidad de Chichicastenango.

<ul style="list-style-type: none">• Beneficio económico para la comunidad.• Reducción de la contaminación del ambiente natural y social.	<ul style="list-style-type: none">• Indicadores financieros positivos.• Reducción de los focos de contaminación del ambiente	<ul style="list-style-type: none">• Proyección del proyecto en el tiempo.• Consumo de los desechos orgánicos.	<ul style="list-style-type: none">• Buena organización entre los pobladores.• Designación de actividades de acuerdo a sus capacidades.• Trabajo con miras al bien común.
---	---	--	--

I. Marco lógico, Capacitación del Tratamiento del Agua para Consumo Humano

Capacitación del tratamiento del agua para consumo humano

Duración estimada del proyecto: 3 años

Resumen Narrativo de Objetivos y Actividades	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios/Fuentes de Verificación	Premisas/Supuestos Importantes
<p>Meta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concientizar a la población de Concepción y San Andrés Semetabaj para el tratamiento del agua para el consumo humano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realización del tratamiento del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación en el campo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buenas relaciones con los líderes de los poblados.
<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concientizar a los pobladores para que realicen el tratamiento del agua para consumo humano. • Reducción de enfermedades gastrointestinales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia de por lo menos 2,282 pobladores en las capacitaciones. (lo que incluye amas de casa y jefes de familia). • Respuesta positiva de los pobladores a la capacitación. • Reducción de problemas de salud en la comunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • A través de datos cuantitativos y cualitativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Interés de los pobladores por la prevención de enfermedades.
<p>Componentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de las fuentes de agua de la población. • Reducir en un 20% las enfermedades gastrointestinales • (11.056%), en el primer año de tratamiento del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación en el campo del tratamiento del agua. • Reducción de un 20% enfermedades gastrointestinales en el primer año. 	<ul style="list-style-type: none"> • A través de datos cuantitativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados positivos de los interesados por la capacitación.
<p>Actividades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacitación a los pobladores sobre la importancia del tratamiento del agua para consumo humano, a través de reuniones con líderes y representantes de familias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitadores Q16,000 • Material y equipo Q4,000 • Costo Total Q20,000 	<ul style="list-style-type: none"> • Contratos y comprobantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación de las instituciones interesadas; COCODES, MSPAS, Municipalidad de Concepción y San Andrés Semetabaj.

Actividades

<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación de personas para el manejo de chumpipes criollos. • Obtención de recursos: capital, tierra, mano de obra, insumos y materia prima. • Inversión en infraestructura. • Ejecución del proyecto. • Monitoreo y asesoría del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones Q 60,000 por año Q3,500 • Pie de cría 100 animales • Medicamentos por año Q2,000 • Mano de obra por año Q36,000 • Costo de alimentación por año Q20,000 • Inversión Total año inicial Q 118,000 • Costo por año Q61,500 • Beneficio Bruto por año Q100,000 • Beneficio Neto por año Q,38,500 	<ul style="list-style-type: none"> • Contratos y comprobantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación de las instituciones interesadas; COCODES; MAGA, Municipalidad de San Andrés Semetabaj. • Apoyo en asesoría, recursos, comercialización, etc.
--	--	--	--

J. Marco lógico, Campaña de Prevención de Incendios Forestales

Titulo del Proyecto. campaña de prevención de incendios forestales en la subcuenca del río Panajachel.

Duración estimada del proyecto: 1 mes cada año

Resumen Narrativo de Objetivos y Actividades	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios/Fuentes de Verificación	Premisas/Supuestos Importantes
<p>Meta</p> <ul style="list-style-type: none"> Prevenir los incendios forestales por lo menos en un 75%. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de incendios forestales por lo menos en un 75%, en el primer año. 	<ul style="list-style-type: none"> Alerta de incendios. Visitas al campo. 	<ul style="list-style-type: none"> Población dispuesta a prevenir los incendios forestales.
<p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Concientizar a la población de los efectos negativos de los incendios forestales. Divulgar la importancia de los bienes y servicios que el bosque provee. 	<ul style="list-style-type: none"> Manifestación satisfactoria por parte de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> Diálogo con los pobladores. 	<ul style="list-style-type: none"> Medio de concientización y divulgación de prevención de incendios forestales eficientes y eficaces.
<p>Componentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Reducir la degradación del recurso bosque. Reducir la degradación de la biodiversidad. Reducir la contaminación del medio ambiente natural y social. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de incendios forestales. 	<ul style="list-style-type: none"> Visitas al campo. Diálogo con los pobladores. 	<ul style="list-style-type: none"> Integración de pobladores e instituciones para la prevención de incendios forestales.

Actividades

<ul style="list-style-type: none"> • Concientización a nivel de COCODES. • Elaboración y colocación de rótulos en áreas boscosas colindantes a áreas urbanas. • Concientización a través de spot en la radio local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración y colocación de rótulos: Q20, 000. • Transmisión de spot: Q3,000 • Costo Total: Q23, 000. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contratos y comprobantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo logístico y/o económico de las instituciones interesadas; COCODES, INAB, CONAP y municipalidades de: San Andrés Semetabaj, Concepción, Panajachel y Sololá.
--	---	---	---

Plan de Acción, para el plan de Manejo

Proyectos a ejecutar	Años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elaboración de huertos										
Sistema agroforestal (aguacate y maíz)										
Campaña de prevención de incendios forestales										
Reciclaje en aldeas y caseríos										
Plan piloto de manejo forestal en áreas comunales, con fines de protección.										
Proyecto piloto de reforestación de especies nativas										
Proyecto piloto, Implementación de un bosque energético										
Proyecto piloto de elaboración de carbón vegetal										
Senderos ecológicos comunales con deporte extremo rapel.										
Capacitación de agricultores en la implementación de prácticas de conservación de suelos										
Construcción de centro de acopio en el municipio de Concepción.										
Construcción de un vertedero controlado										
Construcción de drenajes para aguas servidas en Concepción.										
Manejo y elaboración de fosas sépticas										
Capacitación del tratamiento del agua para consumo										
Divulgación de la planificación familiar en los municipios										



Año (s) en que se realizara la actividad.

3.5 SERVICIO 3: CONSTRUCCIÓN DE PARCELAS DE ESCORRENTÍA

El presente servicio es una herramienta para la instalación de parcelas de escorrentía que se utilizaron para el estudio de pérdida de suelo por escorrentía y erosión hídrica en la subcuenca del río San Buenaventura, como parte de las líneas de investigación del proyecto AGROCYT 017-2005, “Impacto hidrológico derivado del uso del suelo y de prácticas silviculturales en plantaciones de coníferas en la cuenca del lago de Atitlán”

3.5.1 Objetivos

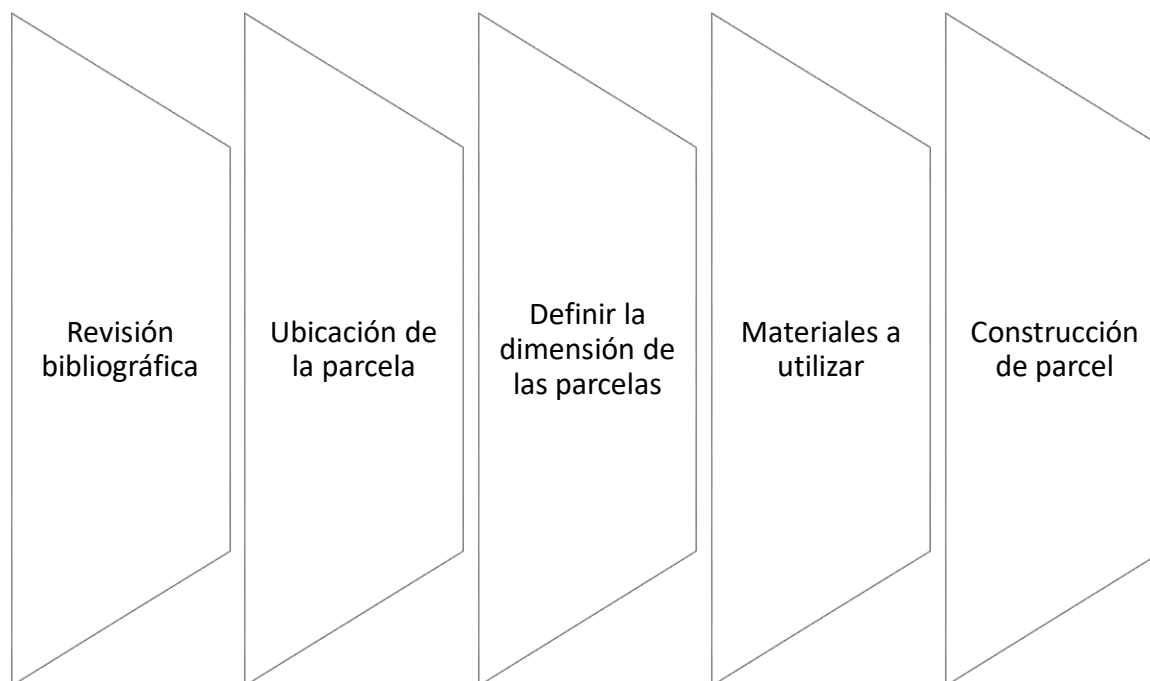
Conocer la metodología y componentes para el establecimiento de las parcelas de escorrentía.

Elaborar una guía metodológica para la construcción de parcelas de escorrentía.

Identificar la importancia y las ventajas de las parcelas de escorrentía.

3.5.2 Metodología

La ruta metodológica para la construcción de parcelas fue la siguiente:



3.5.3 Resultados

3.5.3.1 Selección del área experimental

Las unidades experimentales se ubicaron en los terrenos de la Escuela de Formación Agrícola EFA, ubicado en la subcuenca del Río San Buenaventura, cuenca del lago de Atitlán, con diferencias en pendiente y con diferentes usos. Las parcelas fueron construidas con la misma exposición a la lluvia y vientos.

3.5.3.2 Selección de tratamientos

Los tratamientos a evaluarse serán seis, los cuales son:

- Bosque Mixto con Sotobosque
- Bosque Mixto sin Sotobosque
- Bosque de Coníferas (Pino)
- Con cultivos agrícolas
- Sin cobertura

3.5.3.3 Arreglo y montaje de la unidad experimental

A. Instalación de parcelas experimentales

Como unidad experimental se utilizaron parcelas de escorrentía, con un área de 75 m^2 y las dimensiones siguientes: largo de 10 metros y ancho de 7.5 metros, tal como se muestra en la figura; el largo de la parcela se construyó en el sentido de la pendiente.

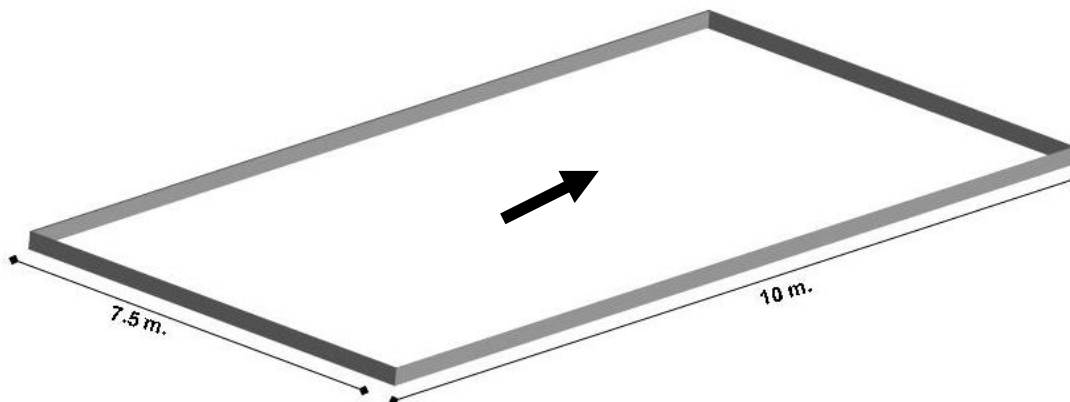


Figura 32. Esquema de la unidad experimental.

B. Confinamiento de las parcelas

Para evitar la salida o entrada de escorrentía de áreas aledañas, se circularon las parcelas con bordes de tierra recubiertos con nylon, de acuerdo al diseño que se presenta en la figura 33.

Para la construcción de los bordes se realizará de la siguiente manera:

- a) Se construyó un borde de suelo con una altura y ancho de 30 centímetros en toda el área que delimitado por estacas. El suelo utilizado de áreas aledañas donde se construyeron las parcelas.

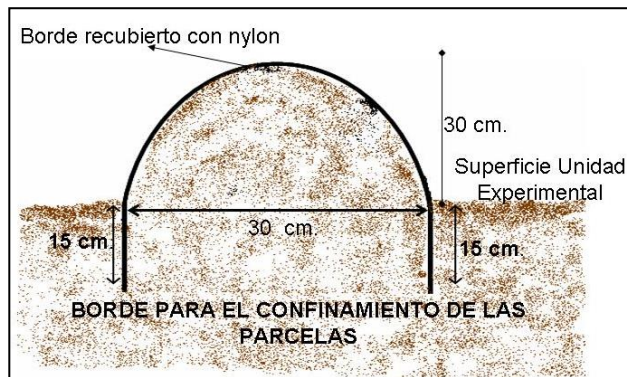


Figura 33. Esquema de borde para el confinamiento de las parcelas

- b) En la parte inicial y final de todo el borde, se realizó una zanja o cuneta por toda la orilla con una profundidad de 15 centímetros aproximadamente.

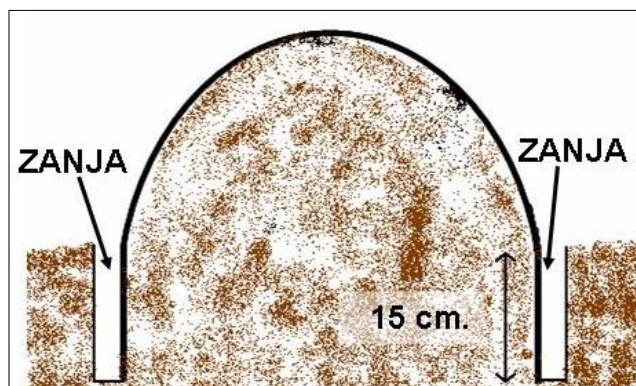


Figura 34. Ilustración de zanja

C. Sistema colector de agua y sedimentos

Canales colectores

El sistema colector de agua y sedimentos consistió en el establecimiento de canales colectores en la parte baja; de forma semicircular, con 1 por ciento de pendiente hacia el canal de evacuación, 10 cm de profundidad y 20 cm de ancho como se ilustra en la figura 35, recubiertos con nylon para evitar que el agua escurrida de la parcela se filtre en el suelo.

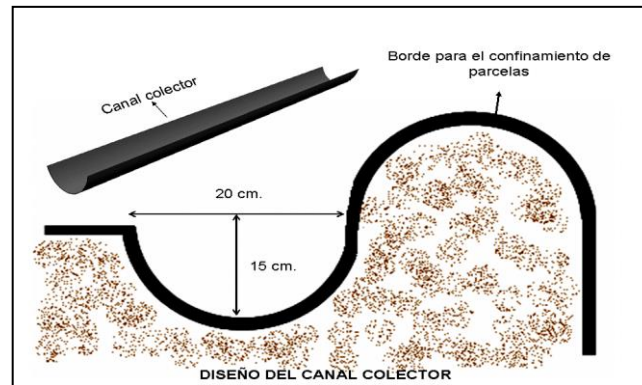


Figura 35. Diseño del canal colector

Canales de Evacuación

Los canales de evacuación sirven para conducir el agua y sedimentos de los canales colectores hacia recipientes, utilizando canales semicirculares hechos de lámina de zinc, con un largo de 50 cm y con 1 por ciento de pendiente hacia los recipientes colectores.

Recipientes Colectores

Para la recolección de agua escurrida y sedimentos, se utilizaron recipientes plásticos de 68 litros de capacidad, ubicando dos por cada unidad experimental, para la medición del volumen de agua de escorrentía y cantidad de suelo erosionado. Para medir el volumen de agua de escorrentía se calibraron los recipientes, determinando el volumen de agua en función de la altura del agua caída en el recipiente.

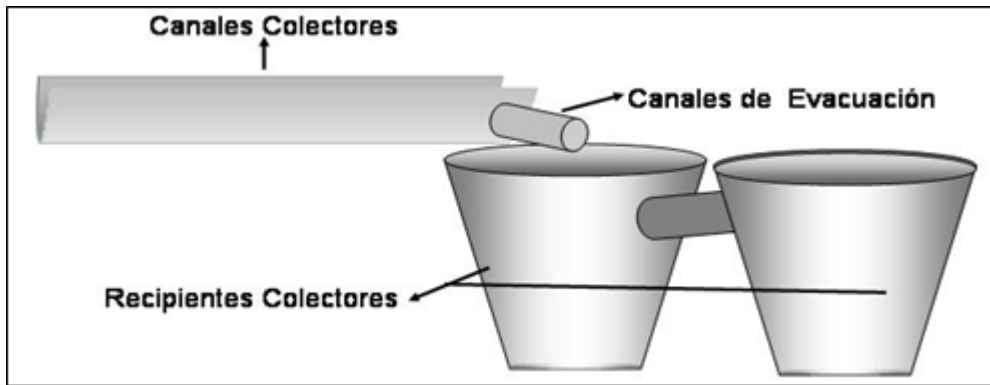


Figura 36. Canales colectores.

En la parte final de cada parcela se realizaron dos agujeros de 100 cm. de altura y 70 cm. de diámetro, la separación entre cada agujero es de 15 centímetros.

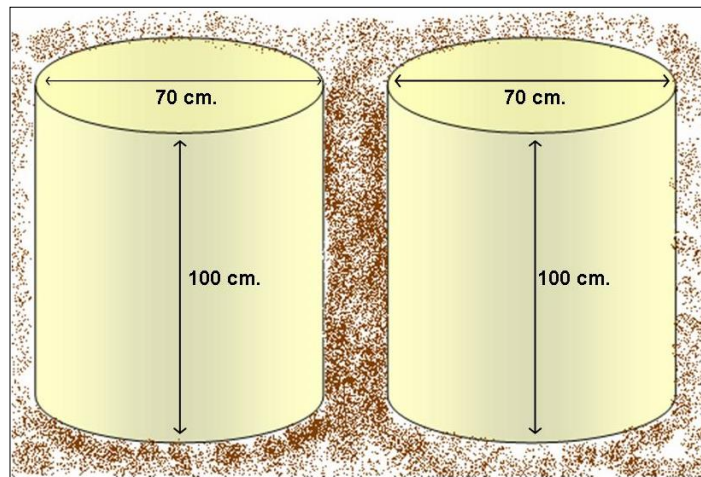


Figura 37. Diseño de agujeros para canales colectores

3.5.4 Constancias



Figura 38. Áreas para el establecimiento de parcelas de escorrentía.





Figura 39. Construcción de parcelas de escorrentía.

3.5.4.1 Manejo de cada tratamiento

En parcelas cuyo tratamiento son: bosque mixto sin sotobosque y bosque de pino sin sotobosque, se deberá de eliminó todo el sotobosque o maleza dentro de la parcela establecida.

3.5.5 Evaluación

Durante el funcionamiento de las parcelas de escorrentía, se determinó que es necesario que los canales colectores estén tapados, esto con el fin de que la precipitación que caiga en el mismo no vaya a dar a los recipientes colectores y alterar los resultados.

Para obtener resultados confiables debe compararse los datos de erosión hídrica obtenidos con las parcelas de escurrimiento con otros modelos o métodos indirectos.

Las parcelas de escorrentía tienen todos los problemas y dificultades de los ensayos agronómicos, a los que se agregan los problemas mucho más difíciles de la recolección, captura y registro del suelo y del agua. Existe una amplia probabilidad de encontrar defectos y errores.