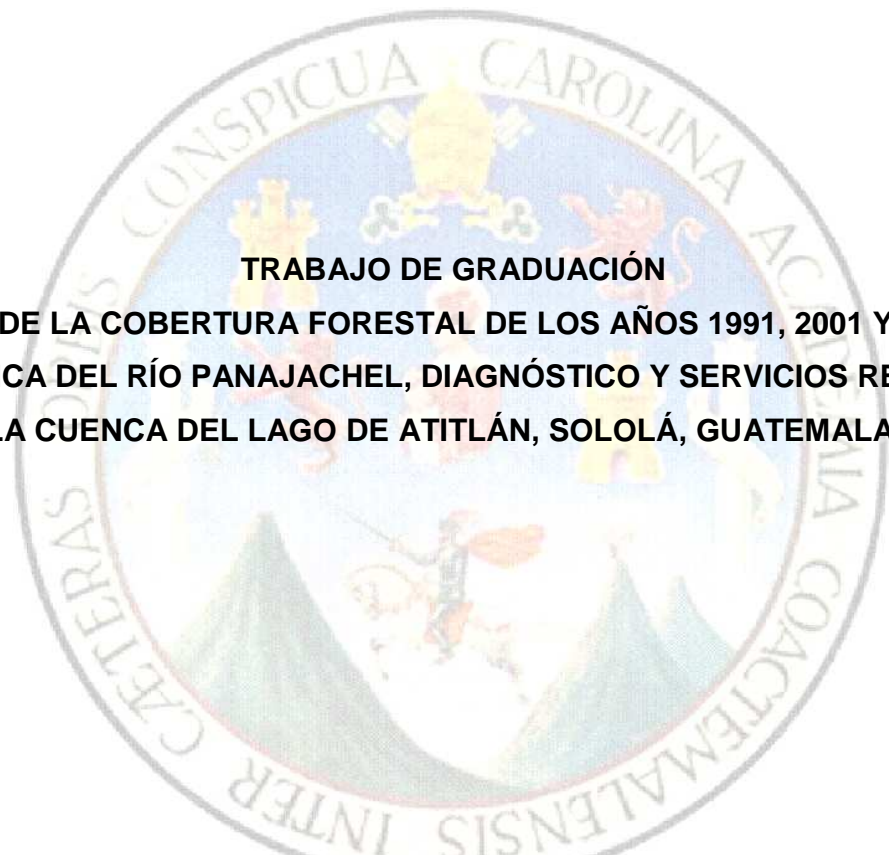


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a staff and a banner, set against a background of mountains and a sun. The shield is surrounded by a blue border containing the Latin motto "SICUT CONSPICUA CAROLINA ACUTISSIMA COACTEMMALENSIS INTER CETERAS".

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL DE LOS AÑOS 1991, 2001 Y 2006 DE LA
SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS
EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

ERIKA ELISABETH ROQUEL CALÍ

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL DE LOS AÑOS 1991, 2001 Y 2006 DE LA
SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS
EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

ERIKA ELISABETH ROQUEL CALÍ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

EN

**RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR MAGNIFICO

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Dr.	Lauriano Figueroa Quiñónez
VOCAL I	Dr.	Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL II	Ing. Agr. Msc.	Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. Msc.	Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	Br.	Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL V	P. Agr.	Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr.	Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala, Abril de 2012

Guatemala, Abril de 2012

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

Distinguidos miembros:

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

DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL DE LOS AÑOS 1991, 2001 Y 2006 DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.

Como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ERIKA ELISABETH ROQUEL CALI

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Que sería de mí si no me hubieras alcanzado... donde estaría hoy si no me hubieras perdonado...

MIS ABUELOS: Domingo Roquel (Q.E.P.D.), Rosario Mijango (Q.E.P.D.); Florencio Cali (Q.E.P.D), Calixta Socop (Q.E.P.D.) y a Doña Lipa.

MIS PADRES: Rómulo Roquel Mijango y Francisca Cali Socop de Roquel. En realidad no tengo palabras para agradecerles todo absolutamente todo lo que han hecho por mí, Dios me dio a los mejores padres del mundo, los amo papisho y mamisha, gracias por haber puesto en mi vida buenos cimientos espirituales, físicos, emocionales e intelectuales, por haberme enseñado a soñar y a luchar por lograr mis metas y esto es una pequeña muestra de lo que ustedes me enseñaron y soñaron. Ahora si puedo decir: aquí esta su hija la ingeniera.

A MI ESPOSO: **Amor:** Estamos cumpliendo una promesa que un día le hicimos a mis padres, gracias por su apoyo incondicional y ser parte de mi vida, su gran amor y también gracias por hacer de mis sueños y mis metas las suyas. LO AMO, mi cielo, como siempre se lo he dicho, usted es una gran bendición para mí y quiero estar a su lado el resto de mi vida; es el hombre con quien había soñado toda mi vida y soy muy feliz y dichosa a su lado, un millón de gracias por todo amor.

MIS HERMANOS: Elva Marina tu ejemplo, Ana Lidia tu fortaleza, Edwin Domingo tu liderazgo, nobleza y un especial agradecimiento, Edgar Gamaliel tu humildad y fuerza, David Samuel tu corazón de

niño, Zonia Etelvina liderazgo y Francisca Nohemí tus consejos y ser mi confidente. Gracias a ustedes y sus familias que de una u otra manera han sido parte importante en mi vida, no puedo mencionar cada una de ellas porque me llevaría mucho tiempo pero quiero que sepan que los quiero mucho y que me siento orgullosa de ser su hermana, los admiro y los quiero.

MIS SOBRINOS:

Kenneth Roger Ismael, esposa y el angelito que viene en camino, Brendy Yoselin, Magendel Abraham, Zonia Rubí, Elva Mahely, Handel Víctor Lionel, Katherine Mayrena, Génesis Gabriela, Carlos Rómulo, Edwin Andreé, Isaac Mizhram, Jefferson Gamaliel, Francis Alexandra, Jennifer Luz Francisca, Derik Andi Israel, Sundury Noemí, Pablo Samuel y David Rómulo Josué. Mis hijos, los quiero mucho gracias por darle alegría a mi vida, Dios los bendiga siempre y ya saben que pueden contar conmigo siempre.

MIS ANGELITOS:

David Samuel Jr. (Q.E.P.D.), Alejandra Nohemí (Q.E.P.D.). Los extrañamos!!!!

MIS CUÑADOS:

Abraham Argueta, Cándido Bal, Víctor Mux y Carlos Cardona, Dios los bendiga.

MIS CUÑADAS:

Norma Rodríguez, Nora Linares y Ruth Bedoya, las quiero y son muy especiales.

MIS TIOS:

con mucho cariño y respeto.

MIS PASTORES:

Hno. Fidel y Ana Lidia Apén, Hno. Samuel y Elizabeth Cumez, Hno. David y Aní Villatoro, Hno. Rudy y Yoli Ramírez, Hno.

Moisés Vásquez y esposa y Hno. Benjamín Orozco y esposa.
Gracias por su ayuda espiritual.

MIS PADRINOS:

Dra. Elva Marina Roquel, Lic. Edwin Domingo Roquel, Licda. Nora Mayrena Linares, Ing. Agr. Víctor Lionel Mux e Inga. Agra. Deborah de León. Siempre han sido un ejemplo a seguir, gracias por estar en este momento conmigo como siempre lo han estado.

MIS AMIGOS:

Sandra Santos, Deborah de León, gracias por enseñarme lo que es una verdadera amistad, Vanessa Franco, Pablo Argueta, Milgian Cardona, Cesar Mazariegos, Rony Mijangos, Bayron González, Ingrid Herrera, Yadira López, Leslie Duque, Antonio y Henry Albizurez, Pablo Argueta, Champe, Judith del Cid, Mayra Aguilar, Ava Castillo, Rosendo Fernandez, Douglas Tobar, Bárbara Porta, Luis López, Ada Sucely y Ramiro, Lilian Santiago, Paola, Ceci, Flor Mas, Lidamar Cardona, a los que han formado parte de mi vida, Dios los bendiga, gracias por haber compartido las aulas de la FAUSAC conmigo, los llevo en mi corazón.

Y a mis amigos de niñez, Aury Hernandez, Alicia Poyon, Alicia Coroy (Q.E.P.D.), Sara y Dario Motta, Byron Sanic, Alba Cux, Leticia Cortez, Estela Chali, Georgina Rodriguez, Gregorio Coroy, Maricela, Juana y Amada Sanchez, Maribel Telon, Maribel Sanic, los llevo en mi corazón.

MUY ESPECIALMENTE: Don Chico Sanic, Doña Fide, Don Felipe Hernandez (Q.E.P.D.) Doña Chabe, Doña Lipa, Don Beto, Doña Rosa Mejia, Señor Cecilia, Señor Dulia, Señor Everilda, Señor Vilma, Profesor Mario Morales.

MIS PROFESORES: Ingeniero, Licenciados muchas gracias por haber compartido sus enseñanzas, Dios los bendiga

TRABAJADORES FAUSAC: secretarias de áreas y subáreas, a las personas que muy amablemente nos atendían en los laboratorios, al personal de limpieza, al personal de la biblioteca, control académico, decanatura, secretaria académica, secretaria adjunta, personal de campo del CEDA, personal de campo de la finca Sabana Grande y personal de campo de la finca Burbuxya; infinitas gracias a cada uno de ustedes.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Guatemala

Tierra bendita que me vio nacer.

Gloriosa y Tricentenario

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Mi Querida

Facultad de Agronomía

Mis centros de estudio

Colegio Mixto Evangélico Bethlehem

Instituto Evangélico América Latina

Escuela Privada Cristiana Vida

Colegio Mixto Evangélico La Patria

Área protegida:

Reserva de uso múltiple de la Cuenca del Lago de Atitlán, Sololá, en especial la Subcuenca del Río Panajachel, Sololá.

Guardarecursos:

De Panajachel Manuel Guarcax, de Sololá y Concepción Vicente Quisquina y de San Andrés Semetabaj Julio Muj

Consejo departamental de Desarrollo –CODEDE-

En especial a la Comisión de Conservación de los Recursos y ambiente, CONAP-Sololá, Asociación Vivamos Mejor, Manctz'oloyá, Mankatitlan, OMP-Panjachel.

Todas aquellas personas que contribuyeron a mi formación

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las personas que colaboraron de alguna manera, en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

A:

Mi supervisor.

Ing. Agr. Guillermo Méndez Beteta

Por su colaboración e interés para que este trabajo de graduación llegara a su término. Y por ser un ejemplo de fortaleza y de lucha.

Mi asesora.

Inga. Agr. Lily Gutiérrez.

Por su apoyo, motivación y asesoría profesional brindada en la ejecución del presente trabajo.

Mi evaluador.

Ing. Agr. Boris Méndez.

Por su sincero apoyo, brindado para la revisión en el desarrollo de la presente investigación.

MSc. Ing. Agr. Tomás Padilla.

Por el apoyo, brindado en la realización de los servicios.

Ing. Agr. Wener Ochoa y Bayron González.

Por permitirme desarrollar el EPS en el proyecto "Planificación del uso de la tierra de la subcuenca del río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán" sus enseñanzas y apoyo para el presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO		PÁGINA
CAPÍTULO I	DIAGNÓSTICO: SITUACIÓN ACTUAL DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN.	
1.1.	PRESENTACIÓN	3
1.2.	MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1.	Ubicación de la subcuenca	4
1.2.2.	Características meteorológicas de la subcuenca	4
1.2.3.	Características físicas generales de la subcuenca	5
1.3.	OBJETIVOS	7
1.4.	METODOLOGÍA	8
1.5.	RESULTADOS	10
1.6.	CONCLUSIONES	29
1.7.	BIBLIOGRAFÍA	30
CAPÍTULO II	DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL DE LOS AÑOS 1991, 2001 Y 2006 DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL, CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN.	
2.1	PRESENTACIÓN	33
2.2.	MARCO TEÓRICO	35
2.2.1.	Marco conceptual	35
2.2.2.	Marco referencial	42
2.3.	OBJETIVOS	49
2.4.	METODOLOGÍA	50
2.4.1.	Fase 1: Revisión de información existente	50
2.4.2.	Fase 2: Compatibilidad de información y análisis de datos	51
2.4.3.	Fase 3: Análisis de la dinámica de la cobertura forestal	52
2.4.4.	Reclasificación de categorías de cobertura de la tierra	53
2.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54

CONTENIDO	PÁGINA
2.5.1.	Fase 1: Revisión de información existente 54
2.5.2.	Fase 2: Compatibilidad de información y análisis de datos 60
2.5.3.	Fase 3: Análisis de la dinámica de la cobertura forestal 60
2.5.4.	Reclasificación de categorías de cobertura de la tierra 61
2.6.	CONCLUSIONES 71
2.7.	BIBLIOGRAFÍA 73
CAPÍTULO III	INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN EL PROYECTO IMPACTO HIDROLÓGICO DERIVADO DEL USO DEL SUELO EN PLANTACIONES DE CONÍFERAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN.
3.1.	PRESENTACIÓN 77
3.2.	SERVICIO 1: Apoyo en aforos del proyecto “Impacto hidrológico derivado del uso del suelo en plantaciones de coníferas en la cuenca del Lago de Atitlán. 77
3.2.1.	Objetivos 77
3.2.2.	Metodología 78
3.2.3.	Resultados 79
3.2.4.	Evaluación 82
3.3.	SERVICIO 2. Apoyo en actividades de presentación 82 del proyecto “Impacto Hidrológico Derivado del Uso del Suelo en Plantaciones de Coníferas en la Cuenca del Lago de Atitlán” ante la comisión de Ambiente y Recursos Naturales del CODEDE.
3.3.1.	Objetivo 82
3.3.2.	Metodología 82
3.3.3.	Resultados 82
3.3.4.	Evaluación 84

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.1	Climadiagrama de la Subcuenca del Río Panajachel	5
1.2	Mapa de ubicación Subcuenca del Río Panajachel	10
1.3	Árbol de problemas de la información Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán	26
2.1	Mapa de ubicación Subcuenca del Río Panajachel	42
2.2	Comportamiento de la temperatura media anual del año 2000 al 2008 de la estación El Tablón, Solola	43
2.3	Precipitación anual del año 2008 de la estación El Tablón (INSIVUMEH)	44
2.4	Climadiagrama de la Subcuenca del Río Panajachel	45
2.5	Mapa de zonas de vida de la subcuenca del Río Panajachel	46
2.6	Habitantes por municipio de la Subcuenca del Río Panajachel	48
2.7	Mapa de cobertura de la tierra año 1991	55
2.8	Mapa de cobertura de la tierra año 2001	57
2.9	Mapa de cobertura de la tierra año 2006	59
2.10	Crecimiento de la cobertura forestal	61
2.11	Mapa de reclasificación de la cobertura de la tierra año 1991	62
2.12	Mapa de reclasificación de la cobertura de la tierra año 2001	63
2.13	Mapa de reclasificación de la cobertura de la tierra año 2006	64
2.14	Mapa dinámica de la cobertura forestal 1991-2001	66
2.15	Mapa dinámica de la cobertura forestal 2001-2006	67
2.16	Mapa dinámica de la cobertura forestal 1991-2006	68
2.17	Mapa de áreas de mayor crecimiento de cobertura forestal	69
3.1	Punto de aforo Novillero Puente	79
3.2	Caudales de los puntos de aforo medidos en el periodo del mes de febrero del 2009 al mes de enero del 2010	81

3.3	Punto de aforo Xibalbay	81
3.4	Primera presentación del proyecto “Impacto hidrológico derivado FIGURA	PÁGINA
	del uso del suelo en plantaciones de coníferas en la cuenca del Lago de Atitlán” ante la comisión de ambiente y recursos naturales del CODEDE	83
3.5	Reunión preliminar antes de la presentación final del proyecto “Impacto hidrológico derivado del uso del suelo en plantaciones de coníferas en la cuenca del Lago de Atitlán” ante la comisión de Ambiente y Recursos Naturales del CODEDE.	84

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1.1	Zonas de vida Subcuenca Río Panajachel 6
1.2	Coordenadas UTM 11
1.3	Áreas municipales comprendidas dentro de la Subcuenca 11
1.4	Población total por lugar poblado 12
1.5	Municipio, área, población y densidad poblacional 13
1.6	Población alfabeta y analfabeta 14
1.7	Organizaciones gubernamentales que operan en el departamento de Sololá a través de jefaturas departamentales 16
1.8	Organizaciones no gubernamentales que operan en el departamento de Sololá a través de jefaturas departamentales 17
1.9	Actividades productivas que se realizan en la Subcuenca 18
1.10	Infraestructura de salud pública y asistencia social 20
1.11	FODA de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán 25
1.12	Matriz de comparación de pares para priorización de problemas 27
1.13	Jerarquización de problemas en la Subcuenca del Río Panajachel 28
2.1	Funciones de la cuenca hidrográfica 40
2.2	Zonas de vida de la Subcuenca del Río Panajachel 46
2.3	Cobertura de la tierra año 1991 54
2.4	Cobertura de la tierra año 2001 56
2.5	Cobertura de la tierra año 2006 58
2.6	Reclasificación de las categorías de la cobertura de la tierra 60
2.7	Estimación de las tasa de cambio de la dinámica de la cobertura forestal de la subcuenca del Río Panajachel 65
3.1	Caudal promedio mensual de los aforos realizados en los cauces de la subcuenca del Río Quiscab (m ³ /seg). 80

DINÁMICA DE LA COBERTURA FORESTAL DE LOS AÑOS 1991, 2001 Y 2006 DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PANAJACHEL Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN GENERAL

A nivel mundial se refleja una reducción de la cobertura boscosa, esto se debe principalmente a la deforestación para abastecimiento energético, infraestructura, el avance de la frontera agrícola, el crecimiento poblacional, por lo que ha disminuido la biodiversidad, recarga hídrica y aumentado la erosión del suelo.

La cuenca del Lago de Atitlán no ha sido la excepción, el crecimiento poblacional y el avance de la frontera agrícola ejerce fuerte presión sobre el uso de los recursos naturales, por lo que la cobertura forestal disminuye día con día. En el 2005 el territorio guatemalteco sufrió un desastre natural que afectó la cuenca del Lago de Atitlán, siendo esta la Tormenta tropical Stan. Dentro de la cuenca se encuentra la Subcuenca del Río Panajachel o San Francisco, la segunda principal dentro de la cuenca, siendo la principal la Subcuenca del Río Quiscap.

La subcuenca del Río Panajachel, con un área de 70.53 km², pertenece a la cuenca del Lago de Atitlán. Se encuentra en la Vertiente del Océano Pacífico, entre las regiones VI y VII; está ubicada en los municipios de Sololá, Panajachel, Concepción, San Andrés Semetabaj, Santa Catarina Palopó, del departamento de Sololá y del municipio de Chichicastenango del departamento de Quiché. Se realizó un diagnóstico sobre la situación actual de la información existente para dicha subcuenca.

Por la identificación de los cambios en la cobertura boscosa, se realizó la Determinación de la Dinámica de la Cobertura Forestal de la Subcuenca del Río Panajachel que también es llamado en el área como Río San Francisco, comprendida

entre los años 1991 al 2006, efectuando una comparación de cobertura forestal de los años 1991 y 2001, 1991 y 2006; 2001 y 2006.

Los servicios se realizaron para el proyecto “Impacto hidrológico derivado del uso del suelo y prácticas silviculturales en plantaciones de coníferas en la cuenca del Lago de Atitlán, Sololá, Guatemala” coordinado por el Ing. Agr. MSc. Tomas Padilla Cambara y consistieron en diferentes actividades de apoyo técnico que se ejecutaron a lo largo del periodo del Ejercicio Profesional Supervisado.

La información del presente trabajo de graduación se generó durante el Ejercicio Profesional Supervisado en el período de febrero a noviembre del 2009, en conjunto con la FAUSAC y el Centro de Estudios Urbanos y Regionales CEUR-DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

CAPÍTULO I

Diagnóstico: Situación Actual de la Información Existente de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.

1.1. PRESENTACIÓN

El presente Diagnóstico se realizó con el fin de poder analizar la situación actual de la información existente de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.

La subcuenca del Río Panajachel, con un área de 70.53 km² pertenece a la Cuenca del Lago de Atitlán. Se encuentra en la Vertiente del Océano Pacífico, entre las regiones VI y VII; está ubicada en los municipios de Sololá, Panajachel, Concepción, San Andrés Semetabaj, Santa Catarina Palopó, del departamento de Sololá y del municipio de Chichicastenango del departamento de Quiché, posee una diversidad de características entre las que podemos mencionar la disponibilidad de los recursos suelo, agua, bosque entre otros y no podríamos dejar de mencionar el Lago de Atitlán que es un atractivo turístico.

Existe diversidad de estudios, apoyo a comunidades pero aún no se ha podido concentrar la información a una sola entidad, que en este caso por haber sido declarada área protegida mediante el decreto 64-97 del Congreso de la República en la categoría de Reserva de Usos Múltiples Cuenca del Lago de Atitlán –RUMCLA-, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP, es la máxima autoridad del área.

1.2. Marco Referencial

1.2.1. Ubicación de la subcuenca

La Subcuenca del Río Panajachel se localiza en los municipios de Sololá, San Andrés Semetabaj, Concepción, Panajachel del departamento de Sololá y Chichicastenango del departamento de Quiché.

1.2.2. Características meteorológicas de la Subcuenca

Para la determinación de las variables climáticas se tomaron los datos que registra la estación más cercana, El Tablón, Sololá (6)

A. Clima

Según el Sistema de Clasificación Climática de Thornthwaite, el área posee un solo tipo de clima en toda su extensión, Templado.

B. Temperatura

En los años 2000 al 2008 según los registros de la estación El Tablón, Sololá, la temperatura mínima fue 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 tuvo 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. (Ver figura 1.1)

C. Evapotranspiración

Según los datos obtenidos (Ver figura 1.1), 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.

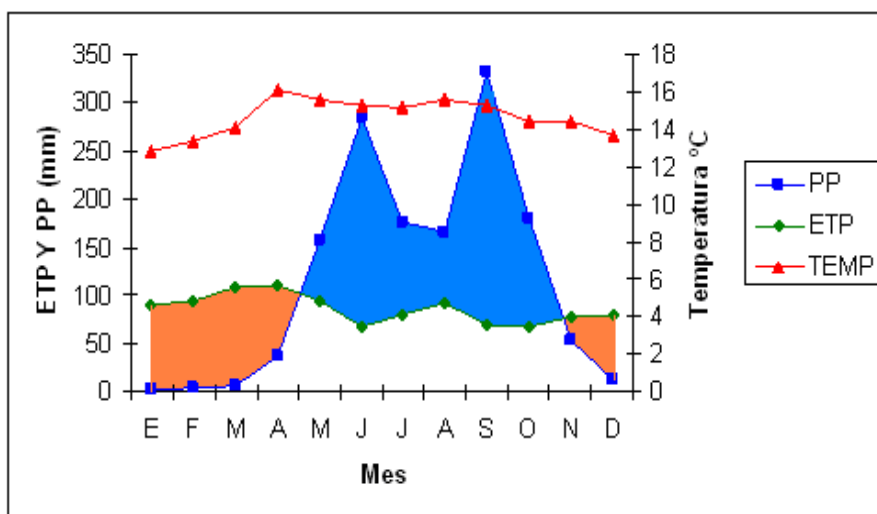
D. Precipitación

La precipitación pluvial, 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 lluviosa se presenta de Mayo a Noviembre con una precipitación pluvial que varía entre 1000 a 1836 mm de lluvia.

E. Climadiagrama

El climadiagrama de la Estación el Tablón, el periodo de lluvias empieza en el mes de Abril y termina en el mes de Noviembre, indica que del 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. En los meses de Diciembre a Mayo existió un déficit de agua, de Abril a Noviembre se produce un superávit de agua para los cultivos del área.



Fuente: Proyecto AGROCYT 017-2006.

Figura 1.1. Climadiagrama de la Subcuenca del Río Panajachel.

1.2.3. Características físicas generales de la Subcuenca del Río Panajachel.

A. Zonas de vida

En la Subcuenca del Río Panajachel se lograron ubicar dos zonas de vida según el Sistema de Clasificación de Holdrige modificado por De la Cruz, se ubicó 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, correspondiendo a las siguientes áreas que se presentan en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1. Zonas de Vida. Subcuenca del Río Panajachel

Símbolo	Zonas de Vida	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
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

B. 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 vulcanismo que genera no sólo edificios volcánicos sino que a través de la historia geológica, ha producido varias impresionantes calderas volcánicas. 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 Cuaternario (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.

1.3. Objetivos

General:

- Conocer la situación actual de la información existente de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.

Específicos:

- Analizar la información recopilada sobre la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán
- Identificar qué estudios se han realizado, enfocados principalmente en las secuelas de la Tormenta Tropical Stan, de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.
- Identificar por que las entidades que realizan estudios no cumplen con los lineamientos que CONAP tiene en cuestión de autorización y por lo consiguiente la recopilación de la información generada en el área protegida.

1.4. Metodología

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos planteados, se dividió en las siguientes fases:

1.4.1. Primera fase de gabinete

A. Localización de la Subcuenca (Geográfica y política).

La delimitación de la cuenca se realizó mediante la utilización de Información cartográfica de la hoja del mismo tipo de Sololá y Chichicastenango a una escala 1:50,000. Para la delimitación política administrativa, se utilizó como apoyo la información digital generada por el MAGA, delimitando los municipios encontrados dentro de la cuenca del río Panajachel.

B. Características socioeconómicas

Se realizaron visitas para recopilación de información a:

- a. Instituto Nacional de Estadística (INE) con el XI Censo Poblacional y VI de Habitación del 2002 y IV Censo Nacional Agropecuario del 2003, obteniendo la información sobre:
 - Demografía
 - Educación
 - Idiomas
 - Actividades productivas
 - Etc.
- b. En municipalidades se obtuvo información en cuanto a las organizaciones sociales, infraestructura física y servicios.

1.4.2. Fase de Campo

A. Recopilación de Información

Se procedió a recopilar información visitando las siguientes entidades:

- ✓ La Oficina Municipal de Planificación de los municipios que conforman la Subcuenca.
- ✓ Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP en Sololá
- ✓ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- en Sololá
- ✓ Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno AMSCLAE.
- ✓ Instituto Nacional de Estadística –INE- en Sololá
- ✓ Mancomunidad Tz'oloyjá
- ✓ Asociación Vivamos Mejor.

1.4.3 Fase final de gabinete

La información recabada en las fases de gabinete inicial y fase de campo se integro y se procedió a realizar el documento de diagnóstico de la información existente de subcuenca del Río Panajachel, Sololá.

1.5. Resultados

1.5.1. Ubicación de la Subcuenca.

A. Ubicación Geográfica y extensión territorial

La Subcuenca del Río Panajachel, pertenece a la cuenca del lago de Atitlán, se encuentra en la vertiente del Océano Pacífico (Ver figura 1.2). Con un área de 70.53 km².



Figura 1.2. Mapa de Ubicación subcuenca del Río Panajachel.

Cuadro 1.2. Coordenadas UTM del cuadrante localizando la Subcuenca Río Panajachel.

Ubicación	X	Y
Parte superior	1641923 N	0700339 E
Punto de aforo	1629557 N	0698559 E
Pto. Oeste	1635681 N	0697562 E
Pto Este	1635681 N	0703495 E

Fuente: Elaboración propia

1.5.2. Ubicación Político-Administrativa

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; 1 municipio, 6 poblados del departamento de Quiché. (Ver cuadro 1.3)

Cuadro 1.3. Áreas municipales comprendidas dentro de la subcuenca del Río Panajachel.

Departamento	Municipio	Poblado	Categoría	Area Municipal. Km ²	Porcentaje
Sololá	Sololá	Xajaxac	Aldea	27.88	38.17
		Tierra Linda	Caserío		
		El Progreso	Caserío		
		Churunel (Central)	Caserío		
		El Mirador	Caserío		
		El Adelanto	Caserío		
		La Fe	Aldea		
		El Triunfo	Caserío		
		El Tablón	Caserío		
	Pujujilito	Caserío			
	Panajachel	Panajachel	Pueblo	7.07	9.67
		Jucanya	Caserío		
		Patanatic	Aldea		
	Concepción	Concepción	Pueblo	14.96	20.47
	San Andrés Semetabaj	San Andrés Semetabaj	San Andrés Semetabaj	Pueblo	10.70
Chuchiya			Caserío		
Tocache			Caserío		
Panimatzalam			Caserío		
Xejuyu I			Caserío		
Chuti Estancia	Caserío				
Santa Catarina Palopó	Santa Catarina Palopó	Pueblo	1.10	1.51	
Quiche.	Chichicastenango.	Patzutzun	Aldea	11.36	15.54
		Panuca	Caserío		
		Los Churuneles II	Caserío		
		Los Churuneles I	Caserío		
		Panimache I	Caserío		
		Las Trampas	Caserío		

Fuente: Elaboración propia, SIG y con base en el XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002.

Los municipios con mayor cantidad de aldeas y caseríos en el área de estudio son Sololá y Chichicastenango con el 53.71%, San Andrés Semetabaj con 14.64%, Concepción con 20.47%, Panajachel con 9.67% y Santa Catarina Palopo con un 1.51% del total de los poblados del área de estudio.

Es importante tener en cuenta que los poblados asignados a Chichicastenango se asignaron en base al SIG, con la base de datos del MAGA, pero el INE, y algunas otras identidades ubican estos poblados dentro del municipio de Sololá.

1.5.3. Características demográficas

A. Demografía

a. Población total

Cuadro 1.4. Población total por lugar Poblado

No.	Lugar, Poblado	Población Total
1	Xajaxac	6,214
2	Tierra Linda	826
3	El Progreso	637
4	Churunel (Central)	236
5	El Mirador	243
6	El Adelanto	1,702
7	La Fe	9,969
8	El Triunfo	554
9	El Tablón	954
10	Pujujilito	175
11	Panajachel	7,183
12	Jucanya	3,055
13	Patanatic	904
14	Concepción	2,802
15	San Andrés Semetabaj	2,372
16	Chuchiya	131
17	Tocache	201
18	Panimatzalam	669
18	Xejuyu I	477
20	Chuti Estancia	988
21	Santa Catarina Palopo	2,445
22	Patzutzun	1,239
23	Panuca	113
24	Los Churuneles II	322
25	Los Churuneles I	438
26	Panimache I	1,956
27	Las Trampas	732
	Total	47,537

Fuente: Elaboración Propia Con base en el XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002

El área de estudio posee una población de 7044,311 habitantes, según el último censo del año 2002, XI de Población y VI de Habitación, (ver cuadro 1.4). Los poblados que cuentan con mayor población son: La Fe, Xajaxac, Panajachel, con más 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.

b. Densidad Poblacional

En el área de estudio, además de que los poblados se encuentran dispersos, presentan densidades altas. El municipio dentro de la subcuenca que tienen mayor densidad de población es Panajachel la cual es mayor a 1,000 hab/km², seguido de Sololá, San Andrés Semetabaj y Chichicastenango con rangos mayores de 300 hab/Km², los demás municipios presentan densidades menores. La densidad poblacional media dentro de la subcuenca es de 651 hab /km² siendo una densidad alta (ver cuadro 1.5).

Cuadro 1.5. 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: Elaboración propia con datos del XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002.

B. Educación

En el área de estudio se atienden los niveles educativos y número de estudiantes con una cobertura que se puede considerar aceptable. En la atención por género en todos los niveles, se ubica en mayor número a los hombres. Las tasas de escolaridad en primaria son altas, y disminuyen en básico y diversificado (Ver cuadro 1.6). En el diversificado las tasas bajan debido a que los jóvenes ingresan a la PEA, y al matrimonio. Es importante anotar que la formación educativa cultural tiene que ir en relación paralela con las oportunidades de diversificación productiva, para estimular el desarrollo cultural y científico del municipio, para que con ello se estimule también el recurso juventud para el desarrollo del municipio y de la

cuenca en general. A nivel diversificado las carreras más comunes son las de Perito Contador y Magisterio, cada una ofrecida por los establecimientos.

Cuadro 1.6. Población Alfabeta y Analfabeta.

No.	Poblado	Alfabetos	Analfabetas
1	Xajaxac	2,723	2,010
2	Tierra Linda	383	235
3	El Progreso	289	190
4	Churunel (Central)	98	77
5	El Mirador	111	76
6	El Adelanto	614	699
7	La Fe	390	330
8	El Triunfo	252	160
9	El Tablón	4,614	3,130
10	Pujujilito	67	67
11	Panajachel	5,002	924
12	Jucanya	2,009	457
13	Patanatic	510	179
14	Concepción	948	1,171
15	San Andrés Semetabaj	1,652	256
16	Chuchiya	79	23
17	Tocache	95	55
18	Panimatzalam	401	118
19	Xejuyu I	297	77
20	Chuti Estancia	452	262
21	Santa Catarina Palopo	952	930
22	Patzutzun	422	474
23	Panuca	19	57
24	Los Churuneles II	74	161
25	Los Churuneles I	155	176
26	Panimache I	706	789
27	Las Trampas	254	266
	Total	23,568	13,349

Fuente: Elaboración Propia. Con base en el XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002

C. Nivel educativo universitario y tecnológico

En lo que respecta al nivel universitario y tecnológico, Sololá posee una tradición histórica educativa, fue uno de los municipios que inició la especialidad de formación de maestros rurales y de extensión educativa de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Actualmente la expansión de la educación superior se ve reflejada con las carreras e instituciones siguientes:

- **Universidad de San Carlos de Guatemala:**

- **Universidad del Valle:**
- **Universidad Mariano Gálvez**

A nivel tecnológico las siguientes instituciones:

- **Instituto Técnico de Capacitación y Productividad Agrícola- INTECAP-:**
- **Escuela de Formación Agrícola –EFA-**

C. Idiomas

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

D. Organización Social

A. Instituciones municipales

- Alcaldía municipal
- Autoridades religiosas
- Alcaldías auxiliares
- Alguaciles
- Mayores
- Principales
- Escolares
- Guardarecursos

E. Organizaciones gubernamentales

En el área de estudio se encuentran 19 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 1.7 indica el nombre y áreas de actividades:

1.7. Organizaciones gubernamentales que operan en el departamento de Sololá a través de jefaturas departamentales.

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	Secretaría 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
10	Fondo Nacional para la Paz FONAPAZ	Financiamiento de proyectos de infraestructura social y productiva
11	Comisión Presidencial de Derechos Humano – 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 Tzutujil 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 de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno –AMSCLAE-	Educación ambiental, descontaminación del lago, manejo de desechos sólidos

Fuente: Elaboración Propia

Las instituciones gubernamentales que inciden en la Conservación y Manejo de la Cuenca del Lago de Atitlán podemos mencionar a la Secretaria de Programación, Planificación de la Presidencia SEGEPLAN, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN, Instituto Nacional de Bosques INAB, Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP, Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno AMSCLAE; aunque existen otras instituciones gubernamentales que apoyan indirectamente en dicho tema.

F. Organizaciones no gubernamentales con presencia en el departamento de Sololá.

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 1.8 especifica estas organizaciones y áreas de actividad.

Cuadro 1.8. Organizaciones no gubernamentales que operan en el departamento de Sololá a través de jefaturas departamentales.

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 Desarrollo ambiental
4	Asociación Patronato Vivamos Mejor	Desarrollo socioeconómico Desarrollo ambiental
5	Centro Maya para el Desarrollo Comunal (CEMADEC)	Agrícolas Productivos, artesanías, tiendas comunales, engorde de cerdos y pollos
6	Asociación Pro bienestar 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.

1.5.4. Actividades productivas

La dependencia de los recursos naturales para la subsistencia de los pobladores de la subcuenca se refleja en las actividades productivas que se realizan como la agricultura, caza, silvicultura y pesca con un porcentaje de 45%, siguiéndole un 22% en el Comercio, las demás actividades representan un 33% debido al bajo nivel de escolaridad, las cuales se desglosan en el cuadro 1.9.

Cuadro 1.9. Actividades productivas que se realizan en la subcuenca.

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: Elaboración propia

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

Los cultivos tradicionales de cada familia son 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.(4)

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 tiene pollos y 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

En este departamento aún conservan aparte de las costumbres y tradiciones de sus antepasados, la artesanía que fue el legado principal que le quedó a sus aborígenes, produciendo estos los tejidos típicos principalmente güipiles, actividad realizada por las mujeres principalmente, productos de madera y cuero; siendo una de las artesanías más representativas la fabricación de piedras de moler.

D. Servicios

Uno de los servicios más importantes es el turismo. El centro turístico de mayor atracción del el área son las playas a la orilla del lago de Atitlán, ubicadas en los siguientes poblados: Panajachel, 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.

1.5.5. Infraestructura física y servicios

A. Hospitales y puesto de salud

En el departamento de Sololá únicamente se cuenta con el Hospital Nacional San Juan de Dios, lo que limita brindar una atención eficiente y efectiva a la población de la

cuenca, principalmente cuando ocurren accidentes masivos o desastres naturales. Se cuenta con 13 puestos de salud, siendo los municipios de Sololá y San Andrés Semetabaj los que presentan el mayor número de estos puestos.

Cuadro 1.10. Infraestructura de salud pública y asistencia social

Municipio	Edificios			
	Hospital	Centro A	Centro B	Puesto
Sololá	1		1	7
Concepción				2
San Andrés Semetabaj				3
Panajachel			1	
Santa Catarina Palopó				1

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Año 2000.

A. Escuelas

En el departamento de Sololá en cuanto a Educación Primaria, existen 72 centros educativos, 7 se ubican en la cabecera municipal, mientras que los demás (65) están en los municipios. Esto nos indica que todas las comunidades legalmente constituidas cuentan con escuelas. En el municipio funcionan 18 institutos básicos, de los cuales 7 se ubican en el área rural, específicamente en los cantones, Pixabaj, El Tablón. Éstos no cuentan con edificio propio y funcionan en las instalaciones de escuelas primarias. De los 11 centros del casco urbano, 5 son públicos, y otros 6 son privados. Todos cuentan con instalaciones para su uso exclusivo, sean éstas propias o alquiladas. En el nivel diversificado existen doce establecimientos, dos oficiales (Escuela Nacional de Ciencias Comerciales y Escuela de Formación Agrícola) y los otros diez pertenecen al sector privado.

B. Salones municipales

Cada uno de los municipios que se ubican en el área de estudio cuenta con un salón municipal.

C. Carreteras de acceso

Las condiciones del sistema vial del área estudiada es diferenciada por las condiciones topográficas, sin embargo la principal carretera asfaltada es la Interamericana, esta vía comunica a la región VII Nor-occidente y gran parte de la región VI Sur occidente, con el resto del país y el área centroamericana. En el caso del municipio de Sololá la red vial

es aproximadamente de 130 Kilómetros, de los cuales el 38.5% están asfaltados y el 61.5% son caminos de terracería. También existen otras tres carreteras que pasan por la cabecera departamental, entre ellas la que proviene del municipio de Panajachel, con un tramo de 8 kilómetros asfaltados y finalmente otro tramo de 5 kilómetros asfaltados que inicia en el Caserío Central de la Aldea los Encuentros, por donde pasa la carretera interamericana. Existe una carretera transversal de terracería que parte de Sololá, hacia el municipio de San José Chacayá con una distancia de 8 kilómetros y luego al municipio de Santa Lucía Utatlán de aproximadamente 16 kilómetros. En cuanto a los 80 kilómetros de carretera de terracería, son considerados como la principal red vial que sirve de acceso a 67 centros poblados de los 69 que constituye el municipio. Los otros centros poblados cuentan con camino de herradura o camino vecinal a los cuales únicamente se puede llegar caminando (Caserío Pujujil, Churunel II, y Pujujil II). Todos los caminos de herradura confluyen en las carreteras asfaltadas, facilitando el acceso a la cabecera municipal de Sololá y otros municipios.

1.5.6. Información recopilada

A. Información recopilada en el Municipio de Sololá

a. En la municipalidad del municipio de Sololá se obtuvo la siguiente información:

En la Oficina Municipal de Planificación OMP: Plan Comunitario de Desarrollo año 2002 al 2010 de las Comunidades:

- Chuarixché
- Churuneles II
- El Mirador – Pujujil II
- Las Trampas
- Chuacruz I
- Potrero
- Churunel I
- El Adelanto
- La Esperanza – Pujujil II
- El Encanto

Así mismo se cuenta con el Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Sololá para el periodo comprendido del año 2002 - 2010.

En la Ofical Municipal de Agua OMA se obtuvo: Plan de Mejoras de agua e Informes de Saneamiento de las siguientes comunidades:

- El Tablón
- Los Encuentros
- Pixabaj
- Pujujil I
- Pujujil II
- Pujujil III
- Sacsiguan
- Xajaxac

b. En la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno AMSCLAE, se obtuvo la siguiente información:

- Mapa de Uso de la Tierra de la Cuenca del Lago de Atitlán, para el año 2002. Realizado por AMSCLAE.
- Planificación Estratégica 2007 -2012 de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno

c. En el Instituto Nacional de Estadística se obtuvo la siguiente información:

- XI censo poblacional, VI de habitación 2002.

d. En el Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente MARN se obtuvo la siguiente información:

- Plan Maestro de la Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán 2007 - 2011, que es el documento técnico 56 (04-2007), esto a nivel de Cuenca.

e. En el Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP se obtuvo la siguiente información:

- Plan Maestro de la Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán 2007 - 2011, que es el documento técnico 56 (04-2007), esto a nivel de Cuenca.

Siendo el consejo nacional de áreas protegidas –CONAP- la máxima autoridad dentro de la RUMCLA, este no cuenta con información de estudios o investigaciones realizadas.

B. Información recopilada en el Municipio de Panajachel.

Esta Información fue proporcionada por la Oficina de Planificación Municipal OMP:

- Diagnóstico de la Aldea Patanatic, aún no editado, en las fotografías insertadas en el documento se ve la fecha 04-12-2008, no tiene título
- Diagnóstico del Caserío San Luis, aún no editado, en las fotografías insertadas en el documento se ve la fecha 02-04-2008 y 04-12-2008, no tiene título.
- Diagnóstico de Gestión Ambiental del Municipio de Panajachel, realizado por Mancomunidad de Municipios Kakchikel, Chicoy Atitlán MANKATITLÁN, que fue realizado en el año 2007.
- Planificación Estratégica Territorial: Municipio de Panajachel Mancomunidad MANKATITLÁN. Solo proporcionaron copia digital, no tiene información de quienes ni en qué año lo realizaron.

C. Información recopilada en el Municipio de Concepción.

En la Oficina Municipal de Planificación de este municipio, solo se obtuvo la siguiente información:

- Diagnóstico Socioeconómico, Potencialidades Productivas y Propuestas de Inversión del Municipio de Concepción departamento de Sololá, realizado en el año 2007 como entrega de Informe Final del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

No se tiene más información registrada y este municipio no forma parte de ninguna mancomunidad de las 3 que existen en la Cuenca del Lago de Atitlán, aunque en un principio formo parte de la Mancomunidad Tz'oloyjá que trabaja con comunidades que forman parte

del a Subcuenca del Rio Quiscap y viendo que no tenía ningún beneficio no siguió formando parte de dicha mancomunidad y no forma parte de MANKATITLÁN que es la otra que está cerca de este municipio.

D. Información recopilada en el Municipio de San Andrés Semetabaj.

En la Oficina Municipal de Planificación de este municipio se obtuvo la siguiente información:

- a. Plan de Desarrollo Integral del Municipio de San Andrés Semetabaj, años 2002 – 2010.

Es la única información que se encontró en la municipalidad de este municipio, aunque se sabe de un Diagnóstico realizado por estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala pero no cuentan con una copia dentro de la municipalidad.

1.5.7. Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas FODA

Para realizar el análisis FODA de la Subcuenca del Rio Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán, visité las municipalidades de Sololá, Panajachel, Concepción y San Andrés Semetabaj, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno AMSCLAE, Instituto Nacional de Estadística INE, Asociación Vivamos Mejor, Mancomunidad Tz'oljyá; Biblioteca Fray Payo Enríquez de Rivera del municipio de Panajachel, para recopilación de información.

Se realizaron reuniones con personeros del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Municipal de Planificación y Oficina Municipal de Agua de la Municipalidad de Sololá, también de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno, Asociación Vivamos Mejor, para conocer como se sistematiza la información generada sobre la subcuenca a través de estudios realizados en el área; para que posteriormente con los miembros del proyecto Planificación del Uso de la Tierra de la Subcuenca del Rio Panajachel, se pudiera trabajar y realizar el FODA (ver cuadro 1.11).

Cuadro 1.11. FODA de la Subcuenca del Rio Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de áreas de estudio. (recursos naturales, suelo, bosque, agua, comunidades, etc.). - La ubicación geográfica. - Vías de acceso en buen estado - Acceso a educación pública y privada de nivel pre primario, primario, básico, diversificado y universitario. - Acceso a servicios básicos de salud y educación gratuitas y privadas. - Cuenta con lugares turísticos que son de gran atracción para los turistas. - Hay una alta comercialización de diferentes productos agrícolas y artesanales propios del lugar - Se cuenta con diferentes entidades gubernamentales como CONAP, MARN, AMSCLAE, SEGEPLAN, INE entre otros que contribuyen al manejo dentro de la Cuenca del Lago de Atitlán - Además entidades no gubernamentales como: Asociación Vivamos Mejor que brinda apoyo de tipo social, salud y participan activamente en la comisión de Recursos Naturales del CODEDE, beneficiando a los pobladores de toda la Cuenca del Lago de Atitlán 	<ul style="list-style-type: none"> - Se han realizado estudios pero son pocos los que se ejecutan, por falta de presupuesto, interés o que simplemente no se llegan a conocer. - ONG's y OG's no conocen los requisitos que cumplir para la autorización de realizar estudios en areas protegidas, por lo que no se ha podido recopilar información ya generada en el area. - No se hace una distribución adecuada de la información generada por ejemplo a municipalidades, entidades gubernamentales y no gubernamentales. - El no conocer de estudios o investigaciones realizadas, aunque hayan entidades interesadas o comunidades necesitas de la ejecución de dichos estudios, no se pueden llevar a cabo.
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de financiamiento para estudios específicos sobre temas de interés en el área. - Financiamiento para realizar y ejecutar planes de desarrollo. - Las ONG's o entidades interesadas pueden ejecutar estudios que ya se realizaron. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de información y falta de interés en estudios que ya se realizaron aún siendo tema de importancia. - No existe compromiso de divulgar los resultados de los estudios realizados en el área. - Tener estudios e investigaciones y no ejecutarlos o darles seguimiento, esto detiene el desarrollo de las comunidades, teniendo ya la información.

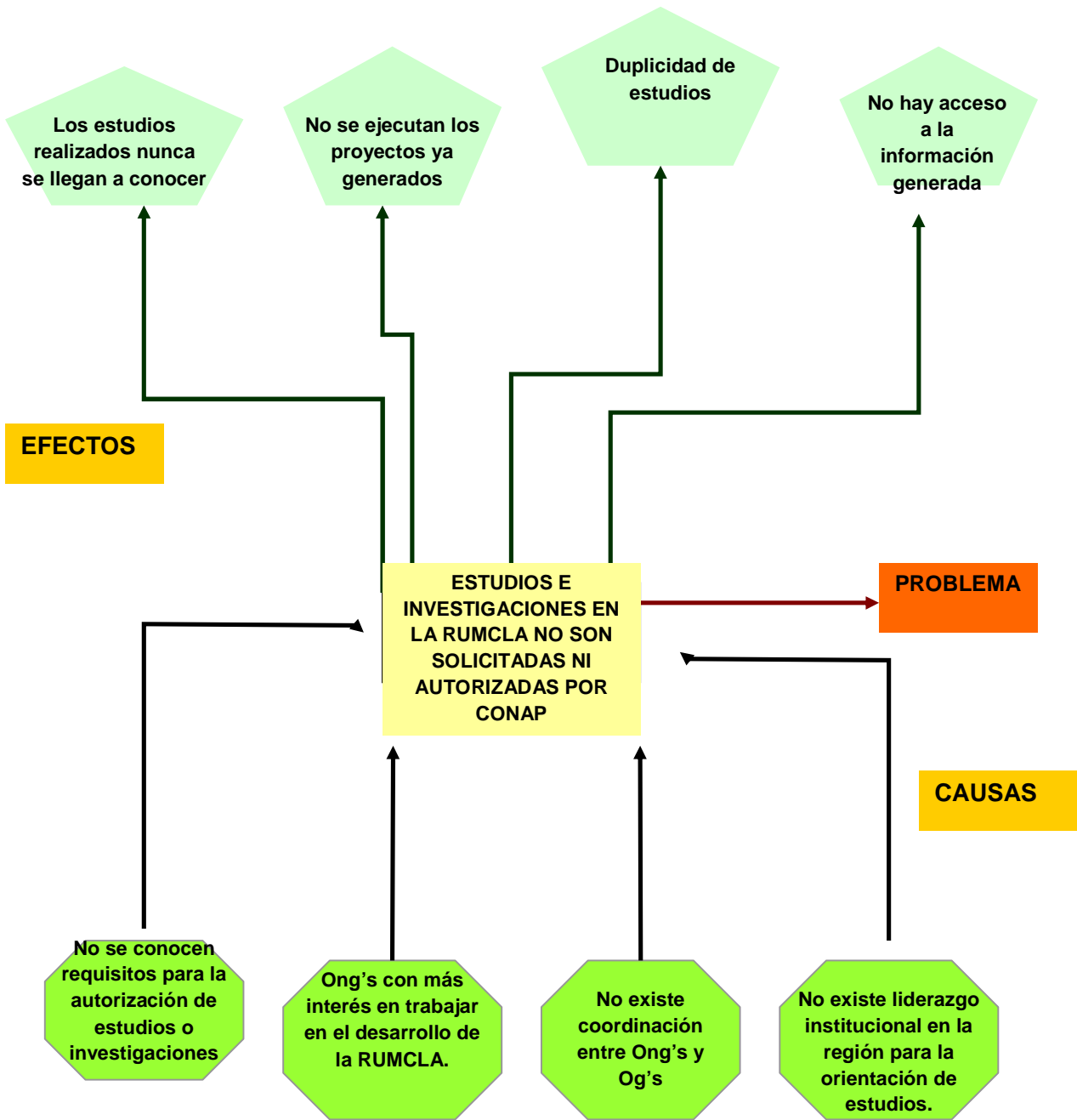


Figura 1.3. Árbol de problemas de la información de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán

Cuadro 1.12. Matriz de comparación de pares para priorización de problemas

PROBLEMAS	No se conocen requisitos para la autorización de estudios o investigaciones	Ong's con más interés en trabajar en desarrollo de la RUMCLA.	No existe coordinación entre Ong's y Og's	No existe liderazgo institucional en la región para la orientación de estudios.
No se conocen requisitos para la autorización de estudios o investigaciones		No se conocen requisitos para la autorización de estudios o investigaciones	No existe coordinación entre Ong's y Og's	No existe liderazgo institucional en la región para la orientación de estudios.
Ong's con más interés en trabajar en desarrollo de la RUMCLA	No se conocen requisitos para la autorización de estudios o investigaciones		No existe coordinación entre Ong's y Og's	No existe liderazgo institucional en la región para la orientación de estudios.
No existe coordinación entre Ong's y Og's	No se conocen requisitos para la autorización de estudios o investigaciones	Ong's con más interés en trabajar en desarrollo de la RUMCLA		No existe coordinación entre Ong's y Og's
No existe liderazgo institucional en la región para la orientación de estudios.	No se conocen requisitos para la autorización de estudios o investigaciones	Ong's con más interés en trabajar en desarrollo de la RUMCLA	No existe liderazgo institucional en la región para la orientación de estudios.	

Cuadro 1.13. Jerarquización de problemas en la Subcuenca del Rio Panajachel, Sololá.

Jerarquización	
No se conocen requisitos para la autorización de estudios o investigaciones	4
No existe coordinación entre Ong's y Og's	3
No existe liderazgo institucional en la región para la orientación de estudios.	3
Ong's con más interés en trabajar en desarrollo de la RUMCLA.	2

El cuadro 1.13. se puede visualizar la jerarquización de la problemática de la subcuenca en relación con la recopilación de información de estudios que se han realizado dentro del RUMCLA. La principal es el que no se conocen los requisitos necesarios para poder llevar a cabo un estudio o investigación dentro de un área protegida. Dentro de la subcuenca existen varias organizaciones gubernamentales como organizaciones no gubernamentales y en la mayoría de los casos no se coordinan para poder llevar a cabo un estudio o compartir información ya generada.

En el caso de la tercera problemática, no se tiene un rango de tiempo para cambiar director de CONAP, este es sustituido de un momento a otro afectando en la coordinación interinstitucional que ya se había establecido. Las Ong's son las que en realidad le dan seguimiento a estudios que ellos mismos han realizado.

1.6. Conclusiones

- Siendo la Cuenca del Lago de Atitlán un Área Protegida que fue declarada mediante el Decreto Numero 64-97 del Congreso de la República en su categoría de Reserva de Uso Múltiple Cuenca del Lago de Atitlán, con base en el artículo 12 de la Ley de Áreas Protegidas, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas es la máxima autoridad en el área. Por lo que es la encargada de autorizar y sistematizar las investigaciones que se realicen dentro de Áreas Protegidas, según el Artículo 20 de la Ley de Áreas Protegidas y el Artículo 26 del Reglamento de la Ley de Áreas Protegidas
- No se conoce el procedimiento para la autorización para la realización de un estudio o investigación dentro de un área protegida, está contenida dentro de la Ley de Área Protegidas, por lo que no se cumple con esta ley.
- Al no tener ningún compromiso con CONAP para entregar los resultados del estudio o investigación que se realizó dentro del área protegida, no se llega a conocer y entonces es donde se da la duplicidad de información.
- Las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales dentro de la RUMCLA a pesar de sus esfuerzos no han podido trabajar en conjunto e influye el hecho a los delegados de las entidades gubernamentales, las cambian sin previo aviso y de un momento a otro.

1.7. Bibliografía.

1. AMSCLAE (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno, GT). 2006. Plan estratégico 2007 – 2012. Guatemala. 39 p.
2. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Sistema guatemalteco de áreas protegidas. Guatemala. 269 p.
3. _____. 2007. Plan maestro de la reserva de uso múltiple cuenca del lago de Atitlán 2007-2011. Guatemala. 185 p.
4. Dix, M *et. al.* 2003. Diagnostico ecológico-social en la cuenca de Atitlán. *In* Dix, M. 1985. Evaluación de tierras con fines forestales. Roma, Italia, FAO. 106 p. (Estudio FAO: Montes no. 48).
5. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT) 1999. Manual técnico forestal. Guatemala. 110 p.
6. _____. 2000. Manual de clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala, 96 p
7. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1982. Mapa topográfico de la republica de Guatemala, hoja Sololá, no. 1960-III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color
8. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. X censo nacional de población y V de habitación. Guatemala, INE.1 CD.
9. Ochoa, W; Alcántara, W; Guzmán, N. 2009. Planificación del uso de la tierra en la subcuenca del río Panajachel, cuenca de Atitlán: informe final. Guatemala, USAC, Centro de Estudios Urbanos y Regionales / USAC, Dirección General de Investigación. 72 p.
10. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, GT). 2006. Plan de reconstrucción y reducción de riesgos del departamento de Sololá, basado en el plan de desarrollo sostenible 2006–2007. Mansia V, A. (editora). Guatemala. 127 p.

CAPITULO II

**Dinámica de la Cobertura Forestal de los Años 1991, 2001
y 2006 de la Subcuenca del Río Panajachel, cuenca del
Lago de Atitlán.**

2.1. PRESENTACIÓN

A nivel mundial se refleja una reducción de la cobertura boscosa, debido a la deforestación para abastecimiento energético, construcción, avance de la frontera agrícola, el crecimiento urbano, etc.; lo que ha provocado la disminución de biodiversidad, recarga hídrica, aumento de la erosión del suelo, entre otros.

La Cuenca del Lago de Atitlán no es la excepción, el crecimiento poblacional ha generado presión sobre el uso de los recursos naturales, cada día, la cobertura forestal va disminuyéndose, sumándose a ello desastres ocasionados por fenómenos naturales como en el año 2005 con el paso de la Tormenta Tropical Stan que afectó a esta cuenca. Dentro de la misma se encuentra la Subcuenca del Río Panajachel o San Francisco, la segunda principal dentro de la cuenca, siendo la principal la Subcuenca del Río Quiscap.

La determinación de la dinámica de la cobertura forestal de la Subcuenca del Río Panajachel denominado también Río San Francisco, se realizó en un periodo de 10 meses comprendido entre febrero a noviembre del 2009, con el fin de determinar la cobertura forestal entre los años 1991-2006. Para lo cual se efectuó una comparación del uso de la tierra y de cobertura forestal de los años 1991 y 2001; 1991 y 2006; 2001 y 2006, utilizando herramientas cartográficas como, software cartográfico (ARCGIS), mosaico de fotografías aéreas, fotografías digitales (ortofotos).

Dentro de los resultados obtenidos se puede destacar que en un período de 15 años, a nivel general en la subcuenca, la cobertura forestal ha tenido una leve pérdida, en áreas con mayor presión de poblados y ha aumentado localmente en otras regiones donde el suelo ha sido utilizado para la producción forestal, esto se debe a que en la región está ubicada la Finca Santa Victoria que representa el 15% del total del área de la subcuenca del Río Panajachel. Esta finca se dedica a la producción forestal y de conservación, contrastando con el resto del área de la subcuenca que ha registrado pérdida .

Aún con los esfuerzos de la Comisión de Recursos Naturales del Consejo Departamental de Desarrollo CODEDE, el cual trabaja en pro de la Subcuenca del Río Panajachel, (conformada por entidades gubernamentales entre ellas Consejo Nacional de

Áreas Protegidas –CONAP-, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, Instituto Nacional de Bosques –INAB-, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-, entre otros; entidades no gubernamentales como la Asociación Vivamos Mejor; Mancomunidad de Municipios Kakchiquel Chichoy Atitlán –MANKATITLAN-, Mancomunidad Tz'oljyá -MANCTZ'OLOJYÁ-, etc.); se ha observado una leve disminución en la cobertura forestal.

En esta investigación se identificó que en áreas de la subcuenca donde existen problemas con la tenencia de tierras y crecimiento poblacional, es donde existe más presión sobre el recurso forestal, disminuyendo la cobertura forestal. Sin embargo como se indica anteriormente, la actividad forestal de la finca Santa Victoria ha generado un leve aumento del bosque a nivel local.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. Áreas protegidas

Las áreas protegidas son todos aquellos territorios terrestres o acuáticos, administrados de una manera especial, los cuales tienen por objeto la conservación, el manejo racional y la restauración de la flora, la fauna y sus interacciones con recursos culturales. Dichas áreas deben tener alta significancia por sus funciones o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de manera que se preserve el estado natural de las comunidades bióticas, los fenómenos geomorfológicos, el suministro de agua, la calidad de los suelos agrícolas y otros elementos que permitan tener opciones de desarrollo sostenible (5).

Según el artículo 7 de la ley de Áreas Protegidas Decreto 4-89: "Son áreas protegidas, incluidas sus respectivas zonas de amortiguamiento, las que tienen por objeto de conservación, el manejo racional y la restauración de la flora y fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genéticos, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera de preservar el estado único de las comunidades bióticas, de los fenómenos geomorfológicos únicos, de las fuentes y suministros de agua, de las cuencas, ríos, de las zonas protectoras de los suelos agrícolas, de tal modo de mantener opciones de desarrollo sostenible". (7).

Hasta mediados del 2006 se reporta un total de 164 áreas protegidas distribuidas en 16 categorías de manejo, con una superficie total de 31% del territorio nacional. La fuerte presión sobre los recursos naturales y el crecimiento de las tasas de deforestación se debe en gran parte al aumento de los índices de pobreza y a la desigualdad en la tenencia de las tierras, principalmente en zonas de alta densidad poblacional. (8).

B. Recursos Naturales

Según la terminología forestal los recursos naturales son "aquellos materiales, fuerzas, capacidades y condiciones potencialmente útiles, que existen en la naturaleza" (9).

Los recursos naturales son aquellos elementos proporcionados por la naturaleza sin intervención del hombre y que pueden ser aprovechados por el hombre para satisfacer sus necesidades. Además de los recursos naturales, existen los recursos humanos, los recursos culturales, las maquinarias, los bienes inmuebles, etc. Claramente vemos que otros tipos de recursos no son provistos por la naturaleza sin intervención humana, sino que son creados por el hombre. (3).

C. Bosque

Según el Instituto Nacional de Bosque (INAB) los bosques son todos los terrenos que sostienen una asociación vegetal formada por árboles o arbustos de cualquier tamaño, ya sea que crezcan espontáneamente, que procedan de siembra o plantación, que fueren capaces de producir leña, madera u otros productos forestales, de ejercer influencia sobre el clima, suelos, sobre el régimen de aguas o medio ambiente, en general o proveer un refugio al ganado o vida silvestre, de acuerdo al Artículo 9 Decreto 85. También son una gran agrupación de árboles que cubren extensas áreas formando espesuras y que poco a poco van perdiendo su individualidad para concurrir en la formación e independencia de un nuevo ser, el bosque. (13).

El bosque ha representado el conjunto de seres vivos que armonizan con la vida y en torno de los árboles y desde los primeros albores de la humanidad a abastecido de elementos como leña, frutos, hojas, raíces, gomas y resinas, que con el tiempo se han convertido en productos químicos y medicinales, los bosques además son de mucha importancia debido a algunos servicios ambientales que prestan y que no han sido cuantificados como la producción de oxígeno, retención de carbono, y la conservación y regulación de ciclos de otros recursos como fauna, suelo y agua (9).

Según INAB (13), son considerados bosques, tierras forestales con o sin ningún uso que se extienden por más de 0.5 hectáreas, dotadas de árboles que alcanzan una altura superior a 5 metros y una cubierta de copas superior al 10%. El término excluye de manera específica las formaciones de árboles utilizadas en sistemas de producción agrícola, por ejemplo plantaciones frutales y sistemas agroforestales. El término también excluye los árboles que crecen en parques y jardines urbanos (12).

D. Bosque de Protección

“Bosque en donde no se puede realizar el aprovechamiento de madera. El propósito principal del manejo vienen a ser la protección de otros recursos del bosque, como por ejemplo, el agua, especies raras de fauna o flora, belleza escénica, etc. Estos bosques se identifican según los criterios establecidos en la legislación forestal vigente, identificándose aquellos establecidos específicamente para la protección de ríos, quebradas o depósitos de agua y aquellos que por su pendiente no son adecuados para un aprovechamiento de madera en sistemas convencionales” (1).

E. Tipología de bosques del mapa de cobertura forestal INAB 1999

a. Bosque de latifoliadas

Son todas aquellas donde la cobertura espacial de los árboles es más del 70% de especies de hoja ancha, pueden encontrarse algunas especies de coníferas, sin embargo no son significativas como para designarle sus características al bosque (13).

b. Bosque de coníferas

Son todas aquellas donde la cobertura espacial de los árboles tiene más del 70% de especies coníferas, pueden encontrarse algunas especies de latifoliadas, sin embargo no son significativas como para designarle sus características al bosque (13).

c. Bosque mixto

Es el bosque compuesto por especies de hoja ancha y coníferas en una distribución espacial cuya proporción puede variar de la siguiente manera: desde 31% de coníferas y 69% latifoliadas, hasta 31% de latifoliadas y 69% de coníferas (13).

F. Deforestación

La deforestación entendida como la eliminación de la cubierta forestal de un determinado sitio y orientada al cambio de uso de la tierra, mantiene un ritmo más o menos permanente de avance en todos los países estudiados; los valores absolutos de la deforestación en la mayor parte de los países, parece llegar a un nivel tal en que el porcentaje del área deforestada anualmente con relación al área de bosque existente o remanente, se incrementa a una tasa constante, esto significa que los valores absolutos

tienden a una desaceleración, pero como las áreas absolutas de los bosques se van reduciendo gradualmente, los porcentajes de deforestación siguen siendo iguales e incluso en algunos casos en ligero aumento. (5). Este término se refiere al cambio en el uso de la tierra que ha traído consigo la eliminación de la cubierta de copa.

a. La deforestación en Guatemala.

De los recursos naturales renovables más seriamente afectados en el país se destaca el recurso forestal, tanto por el avance de la frontera agrícola como por los inadecuados procesos de aprovechamiento por parte del sector maderero, favorecidos por la ausencia de una política nacional de desarrollo de los recursos naturales y por el poco cumplimiento de la legislación sobre la materia. Según el Perfil Ambiental, las presiones a la biodiversidad y áreas protegidas de Guatemala, están directamente ligadas a los procesos de deforestación, asentamientos humanos, conflictos de intereses económicos, exploración y explotación minera y petrolera e ingobernabilidad (8).

Dentro del Perfil Ambiental de Guatemala del año 2006, hace un análisis de la situación actual de los recursos naturales en Guatemala. La cobertura forestal para 2003 se mantiene entre un 37.26% y un 40% del territorio. La mayor parte se encuentra dentro de áreas protegidas (55%), concentrándose la mayor proporción (70%) en tres departamentos: Petén, Alta Verapaz e Izabal (8). Se determinó que anualmente entre el año 1991/93 y 2001, el país perdió 73,148 ha de bosque cada año, lo que corresponde a una tasa de deforestación de 1.43% anual. (20).

Algunas de las raíces del mal manejo forestal son en primer ámbito las presiones vinculadas a la insuficiente cultura forestal que privilegia los usos agropecuarios tanto en las esferas públicas como en las privadas y el crecimiento desordenado en zonas urbanas y de asentamientos humanos. En segundo ámbito destaca la ausencia de estrategias serias de abastecimiento de la industria a partir de materia prima cultivada a fin de reducir la presión sobre los escasos bosques naturales y los bajos niveles de agregación de valor que se hace a nivel de la industria de la madera. En menor grado ejercen presión factores como la incidencia a incendios forestales, las plagas y las enfermedades. Este conjunto de presiones

produce una tasa nacional de deforestación para la última década del orden de 1.43% anual (alrededor de 82,000 ha anuales) (8).

G. Degradación del bosque

Ésta adopta diferentes formas, especialmente en las formaciones abiertas que se originan principalmente con las actividades humanas, tales como pastoreo excesivo, sobre-explotación (especialmente para obtener leña), incendios frecuentes; o es provocada por ataques de insectos, enfermedades, parásitos u otros fenómenos naturales, tales como ciclones. En la mayoría de los casos, tal degradación no se manifiesta en una disminución de la superficie de vegetación boscosa, sino más bien en una disminución gradual de la biomasa, en cambios en la composición de las especies o en la degradación del suelo. El aprovechamiento de bosques para producir trozas para aserrío o chapas, sin un adecuado plan de manejo, puede contribuir a la degradación si la extracción de árboles maduros no va acompañada de su regeneración o si el uso de maquinaria pesada causa la compactación del suelo o la pérdida de superficie forestal productiva. (5).

H. Suelo

Sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio biológico; se diferencia en horizontes y suministra, en parte, los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, al contener cantidades apropiadas de aire y agua (19)

I. Tierra

Zona de la superficie terrestre que comprende todos los aspectos del entorno biofísico, en la medida en que ellos ejerzan una influencia significativa sobre su potencial de uso por el hombre. Incluye la geología, la fisiografía, los suelos, el clima, la vegetación (11).

J. Cuenca Hidrográfica

Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfológicas 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 cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios. (16)

a. Funciones de la Cuenca

Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema: Dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, cuyas funciones a continuación se describen (16).

Cuadro 2.1. Funciones de la cuenca hidrográfica.

Función Hidrológica	<p>Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.</p> <p>Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.</p> <p>Descarga del agua como escurrimiento.</p>
Función Ecológica	<p>Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.</p> <p>Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua</p>
Función Ambiental	<p>Constituyen sumideros de CO₂.</p> <p>Alberga bancos de germoplasma.</p> <p>Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.</p> <p>Conserva la biodiversidad.</p> <p>Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos</p>
Función Socioeconómica	<p>Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.</p> <p>Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.</p>

b. Servicios Ambientales

- Del flujo hidrológico: usos directos (agricultura, industria, agua potable, etc.), dilución de contaminantes, generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota (2).
- De los ciclos bioquímicos: almacenamiento y liberación de sedimentos, almacenaje y reciclaje de nutrientes, almacenamiento y reciclaje de materia orgánica, detoxificación y absorción de contaminantes (2).
- De la Producción biológica: creación y mantenimiento de hábitat, mantenimiento de la vida silvestre, fertilización y formación de suelos (2).
- De la descomposición: procesamiento de la materia orgánica, procesamiento de desechos humanos. (2)

Los municipios con mayor cantidad de aldeas y caseríos en el área de estudio son Sololá y Chichicastenango con el 33% del total y San Andrés Semetabaj con el 22% del total de los poblados del área de estudio. Es importante resaltar que los poblados asignados a Chichicastenango se determinaron con la base cartográfica del MAGA; aunque en el Instituto Nacional de Estadística –INE- y otras entidades, ubican estos poblados dentro del municipio de Sololá.

C. Características biofísicas

a. Clima

Según el Sistema de Clasificación Climática de Thornthwaite, la subcuenca posee un solo tipo de clima en toda su extensión: el clima característico es Templado.

b. Temperatura

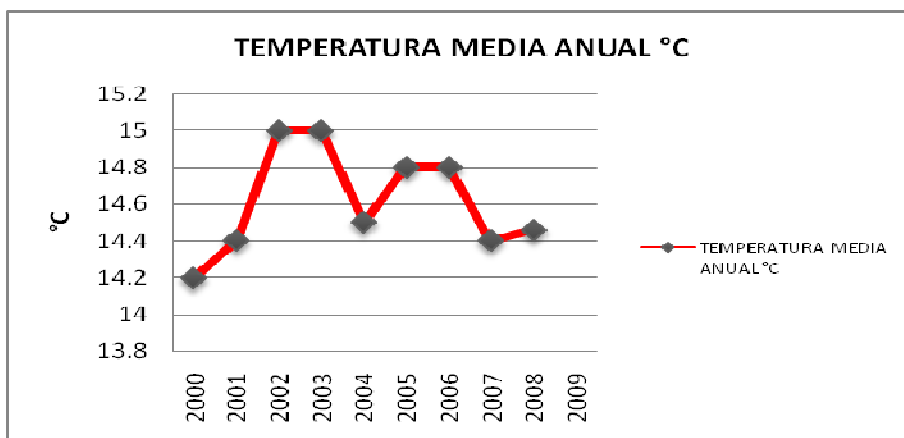


Figura 2.2. Comportamiento de la temperatura media anual del año 2000 al 2008 de la Estación El Tablón.

Los valores de temperatura, se estimaron directamente de las lecturas disponibles en la estación meteorológica ubicada en el Tablón, Sololá siendo ésta la única estación dentro del área; 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. En la gráfica 2.2, se puede observar los registros obtenidos por el INSIVUMEH a partir del año 2000 al año 2008.

c. Evapotranspiración

El cálculo de la evapotranspiración potencial, sirve para conocer cuál es la pérdida de agua que vamos a tener dentro del área de estudio, a lo largo de todo el año, y así saber en qué época se tiene mayores demandas, y según los datos obtenidos y que pueden ser visualizados en la figura 2.4, 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.

d. 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 lluviosa se presenta de Mayo a Noviembre con una precipitación pluvial que varía entre 1000 a 1836 mm de lluvia, como se visualiza en la figura 2.3.

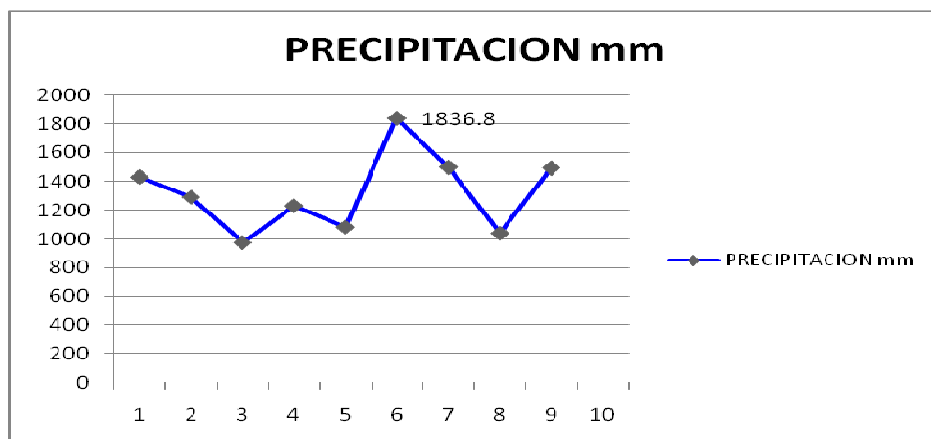


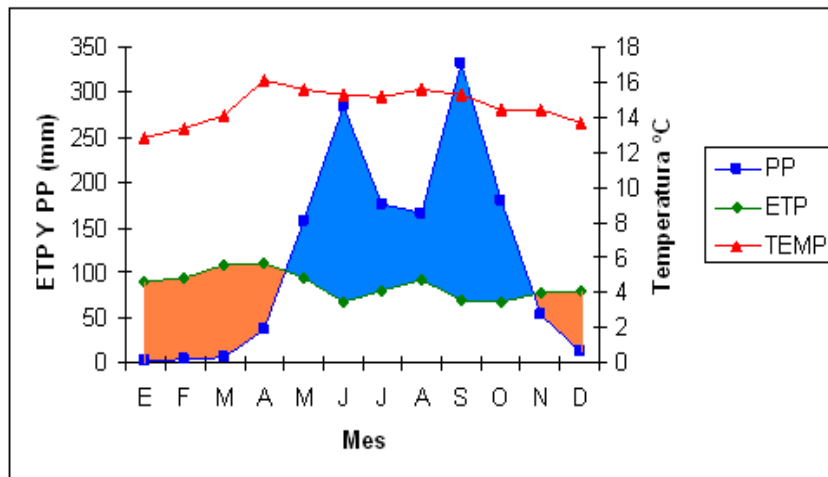
Figura 2.3. Precipitación anual del año 2008 de la Estación El Tablón, del INSIVUMEH.

e. Humedad Relativa:

El promedio anual de 1994 a 2008 es de 78% según datos obtenidos en la estación meteorológica del INSIVUMEH del Tablón, Sololá. En el año 2005 fue donde aumentó considerablemente la humedad relativa de un 70 a un 79% debido a las lluvias ocurridas en esa época.

f. Climadiagrama

En la figura 2.4, se presenta el climadiagrama de la Estación el Tablón, el periodo de lluvias empieza en el mes de Abril y termina en el mes de Noviembre. El climadiagrama indica que del 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. En los meses de Diciembre a Mayo existió un déficit de agua, de Abril a Noviembre se produce un superávit de agua para los cultivos del área.



Fuente: Proyecto AGROCYT 017-2006.

Figura 2.4. Climadiagrama de la subcuenca del Río Panajachel.

g. Zonas de Vida

En la Subcuenca del Río Panajachel se lograron ubicar dos zonas de vida según el Sistema de Clasificación de Holdrige modificado por De la Cruz, se ubicó 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, correspondiendo a las siguientes áreas que se presentan en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Zonas de vida de la Subcuenca del Río Panajachel

Símbolo	Zonas de Vida	Área (Km ²)	Porcentaje (%)
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: Capas digitales MAGA-Asprede, Esc: 1:250,000

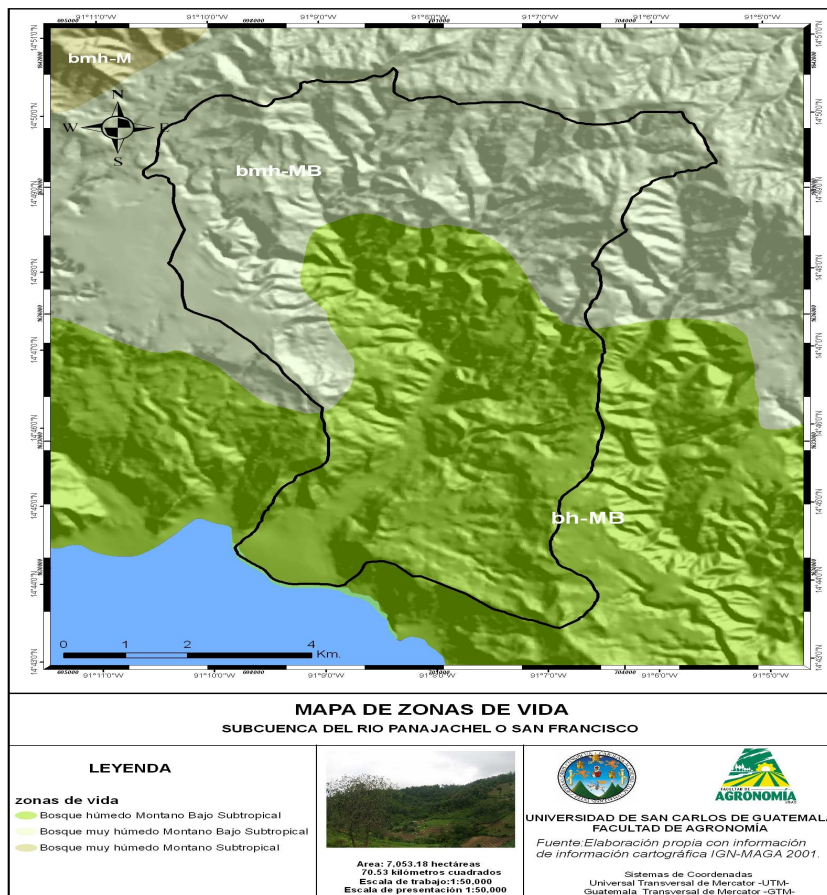


Figura 2.5 Mapa de Zonas de Vida de la Subcuenca del Río Panajachel

h. 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 vulcanismo que genera no sólo edificios volcánicos sino que a través de la historia geológica, ha producido varias impresionantes calderas volcánicas. (19)

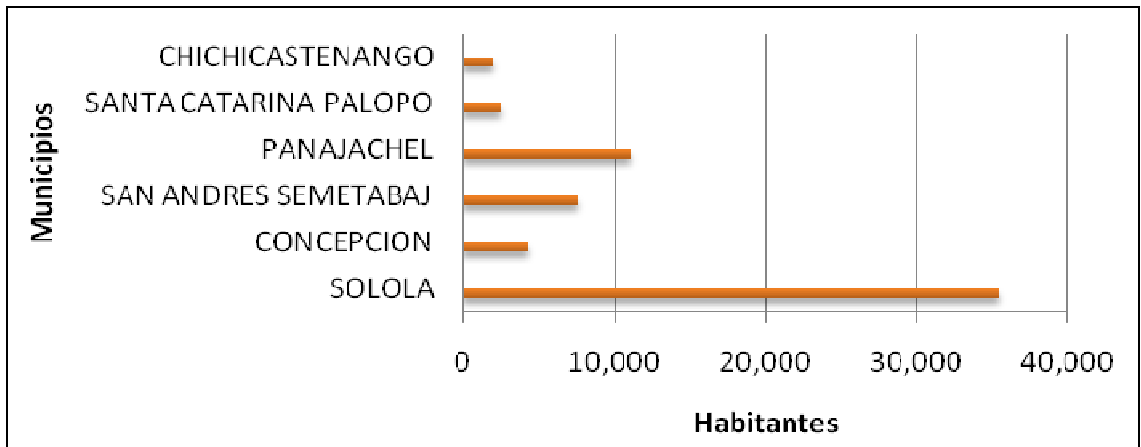
El Lago de Atitlán y su entorno volcánico se ha formado en tiempo geológicamente reciente, dentro del período del último ciclo volcánico que aparentemente ha estado en proceso en los últimos ciento cincuenta mil años. (19). Los principales materiales son: los Aluviones Cuaternarios (Qa), las rocas ígneas y metamórficas. Entre estas últimas están las del Cuaternario (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, (20). Según el mapa geológico de Guatemala a escala 1:50,000 se encuentran los siguientes periodos y materiales geológicos.

D. Características Socio-Económicas

a. Demografía

El área de estudio posee una población de **!La fórmula no está en la tabla** habitantes, según el último censo del año 2002, XI de Población y VI de Habitación. Los poblados que cuentan con mayor población son: La Fe, Xajaxac, Panajachel, con más 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. (15)

La figura 2.5 muestra el número de habitantes por municipio que habitan en la subcuenca del río Panajachel, siendo el municipio de Sololá el que tiene mayor número de habitantes y Chichicastenango el que tiene menor cantidad de habitantes dentro de la Subcuenca.



Fuente: Elaboración Propia. Con base en el XI Censo de Población y VI de habitación, INE, 2002
Figura 2.6. Habitantes por Municipio de la Subcuenca del Río Panajachel.

En el área de estudio, además de que los poblados se encuentran dispersos, presentan densidades altas de población. En el Cuadro 6 se observa que los municipios dentro de la cuenca 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 de 300 hab/Km², los demás municipios presentan densidades menores. La densidad poblacional dentro de la cuenca es de 651 hab /km² siendo una densidad alta.

2.3. OBJETIVOS

General

Estudiar la dinámica de la cobertura forestal durante el periodo comprendido de los años 1991 a 2006 de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.

Específicos

- Cuantificar la cobertura forestal en hectáreas en los años 1991, 2001 y 2006.
- Analizar el comportamiento del cambio de la cobertura forestal, comparándolo con la cobertura forestal de los años 1991 y 2001, 1991 y 2006, 2001 y 2006 de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.
- Explicar el cambio de cobertura forestal de los años 1991 y 2001, 1991 y 2006, 2001 y 2006 de la Subcuenca del Río Panajachel, Cuenca del Lago de Atitlán.

2.4. METODOLOGÍA

La presente investigación analizó la Dinámica de la Cobertura Forestal con una comparación de la cobertura boscosa de 1991 al 2006 de la Subcuenca del Río Panajachel, haciendo uso de fotografías aéreas, por las ventajas de su bajo costo, resolución espacial, temporal y observación estereoscópica. Es común que se utilicen fotografías aéreas para evaluar el cambio de uso del suelo, pero no la degradación forestal.

Para entender el impacto que ocasiona el cambio de uso y cobertura del terreno, se realizó un análisis cuantitativo de la importancia relativa de estos elementos, ya que las interpretaciones de cómo estos factores interactúan para estimular el cambio varían ampliamente en cualquier región.

En esta investigación se analizaron los datos de cobertura forestal realizando estudios de uso del suelo en tres períodos 1991, 2001 y 2006. Se trabajó con mapas temáticos, documentos legales, haciéndose las estimaciones de tasas de cambio de cobertura del bosque.

La investigación sobre cambio de cobertura de bosque constó de tres fases:

Fase I. Revisión de información existente.

Fase II. Compatibilidad de información para hacer comparaciones y análisis de datos.

Fase III. Análisis finales de la dinámica forestal.

2.4.1. Fase 1: Revisión de información existente

La revisión bibliográfica permitió determinar fuentes de datos confiables, y la clasificación y definiciones de bosque utilizadas en el momento así como la clasificación de los distintos usos del suelo. Se identificó información relevante, compatible y de mayor exactitud con la que se estableció una línea base de información. A partir de ésta se pudo hacer las estimaciones de cobertura forestal y de cambio en diferentes puntos en el tiempo. Luego se realizó un análisis de la metodología de estimación de cobertura y definiciones para

determinar si los datos podían ser semejantes y si había o no necesidad de hacer ajustes para lograr su comparación en diferentes puntos en el tiempo.

A. Delimitación del área de estudio.

La delimitación de la cuenca se realizó mediante la utilización de Información cartográfica digital del Instituto Geográfico Nacional –IGN- a escala 1:50,000, a través del uso de software GIS, tomando en cuenta los límites geomorfológicos de la subcuenca.

B. Cobertura de la tierra

Para realizar el análisis comparativo de los cambios de cobertura, se realizó el estudio de este, para los años 1991, 2001 y 2006 a través de la fotointerpretación y análisis de fotografías y ortofotos.

a. Mapa de cobertura de la tierra, año 1991

Con la ayuda de las fotografías áreas análogas tomadas en el año 1991 que corresponden al área de estudio, se fotointerpretaron estas fotografías para la obtención de la cobertura de la tierra durante ese año, se delimitó el área y se obtuvo la información para esa época por medio de la fotointerpretación a escala 1:50000.

b. Mapa de cobertura de la tierra, año 2001

Nuevamente con la utilización de fotografías aéreas a escala 1:50,000 correspondientes al año 2001, se obtuvo la información necesaria de cobertura de la tierra para ese año.

c. Mapa de cobertura de la tierra, año 2006

Con la utilización de ortofotos tomadas por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación y la utilización del software ARCGIS, se determinó la cobertura de la tierra para ese año a una escala 1:50000. Se realizó un mapa preliminar, en términos de cobertura.

2.4.2. Fase 2. Compatibilidad de información y análisis de datos

Una vez identificadas las fuentes confiables de información, y la definición de bosque utilizada por diferentes autores, así como las metodologías de estimación de cobertura, se

evaluó la factibilidad de realizar comparaciones de datos, y las opciones metodológicas que las permitiera realizar.

A. Determinación de la cobertura forestal

a. Mapa de cobertura forestal 1991, 2001 y 2006

Para la realización del mapa de cobertura forestal para estos años, a escala 1:50,000 se procedió a la elaboración de mapas con la categorización de cobertura de la tierra. Con la utilización de herramientas SIG se obtuvo el área para cada una de las categorías.

2.4.3. Fase 3. Análisis de la dinámica de la cobertura forestal

Una vez realizado el análisis de datos y la homogenización de información a manera de permitir la comparación en al menos dos puntos en el tiempo, se pudo realizar las estimaciones de cambio de cobertura del suelo y la estimación del área de bosque, comparando cada uno de los años a estudiar 1991, 2001 y 2006.

Para cada área se hizo una tabla con datos sobre agricultura, bosque, infraestructura y Zonas áridas y mineras, que coincide con el área total de la subcuenca. Y para cada área se preparó una gráfica que muestra la tendencia de cambio de la cobertura forestal.

A. Estimación de las tasas de cambio

Una vez completado el proceso de elaboración de los mapas y el análisis de la cobertura de la tierra para los años 1991, 2001 y 2006 se procedió a sobreponer estos mapas para detectar las áreas sin cambio y las áreas que han tenido cambios de ganancia y pérdida. Con el análisis de cobertura se realizaron las estimaciones de tasas de cambio, para tal efecto se tomó en cuenta la metodología utilizada en la investigación titulada: “Dinámica de la cobertura forestal en Guatemala 1991, 1996 y 2006; y Mapa de Cobertura Forestal 2006” realizado por la Universidad del Valle –UVG-, Instituto Nacional de Bosque –INAB- y el Consejo Nacional de Área Protegidas –CONAP-, en el año 2006.

- **Cambio Neto:** Indica un valor positivo si hubo un incremento de cobertura forestal o negativo si ocurrió una deforestación neta, esta variación en la cobertura se estimó en un período de tiempo determinado por las fechas del estudio 1991, 2001 y 2006 .

Donde: Cambio Neto (ha)= ganancia de bosque (ha) – pérdida de bosque (ha)

- **Cambio Anual:** esta variación puede ser el cambio neto, la ganancia o la pérdida. El cálculo de esta variación anual permite hacer comparaciones con variaciones calculadas por otros intervalos.

Donde: Cambio anual (ha/año)= Variación Total (ha) – intervalo de años

- **Tasa de deforestación Anual:** Normaliza la variación (cambio neto, ganancia o pérdida) por el intervalo de tiempo.

Donde: Tasa de deforestación anual (%)= Variación anual (ha/año) / bosque_(t) x 100

B. Comparación del mapa de cobertura forestal para el año 1991-2001

Se realizó la comparación de la cobertura forestal mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica a través del software ArcGIS, sobreponiendo los mapas de cada uno de los años de estudio, seguidamente se realizó el análisis geoespacial para poder observar los cambios de cobertura y ganancia/pérdida forestal para la cuenca.

C. Comparación de mapa de cobertura forestal para los años 2001-2006 y comparación de cobertura forestal para los años 1991- 2006

Se realizó la comparación de los mapas generados para cada año respectivamente, sobreponiendo capas de la cobertura forestal donde se analizó los cambios observados entre estos 5 años y 15 años, utilizando el mismo procedimiento.

2.4.4. Reclasificación de categorías de la cobertura de la tierra

Para el análisis de la cobertura forestal para los años 1991, 2001 y 2006, se necesitó reclasificar desde la descripción original, formando cuatro grupos, esto con la finalidad de analizar los datos de interés en este estudio.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Fase 1: Revisión de información existente

A. Cobertura de la tierra año 1991

De acuerdo al análisis de la cobertura de la tierra del año 1991, en el cuadro 2.3 se muestra el comportamiento de los usos en áreas y porcentajes.

Cuadro 2.3. Cobertura de la tierra del año 1991

Grupo	Categoría	Área (km²)	Área (ha)	Porcentaje
Agricultura	Agricultura anual	27.94	2793.82	39.61
	Hortalizas	4.25	425.16	6.03
	Agricultura perenne	0.56	56.02	0.79
Bosques	Conífera denso	9.49	949.41	13.46
	Conífera disperso	3.42	341.72	4.84
	Conífera poco denso	12.12	1212.23	17.19
	Bosque mixto disperso	1.74	173.91	2.47
	Latifoliar denso	0.65	64.52	0.91
	Latifoliar poco denso	3.65	365.34	5.18
	Matorral	2.37	236.61	3.35
Infraestructura	Poblados	2.77	277.3	3.93
Zonas áridas y mineras	Superficie degradada	0.08	8.11	0.11
	Playas fluviales	1.49	149.35	2.12
		70.53	7053.50	100

Con base a la información del cuadro anterior en el año 1991 la cobertura del suelo predominante en la subcuenca era boscosa alcanzando un 47% del total de la subcuenca, el 43.% el uso del suelo era dedicada a la agricultura, mostrando su persistencia en el cultivo de granos básicos, hortalizas y una pequeña área dedicada al cultivo del café ubicado en la parte baja de la subcuenca, durante este año tan solo el .93 % lo ocupaban los centros poblados, del cual la mayor parte de este porcentaje se centraba en las cabeceras municipales de Panajachel, San Andrés Semetabaj y Concepción.

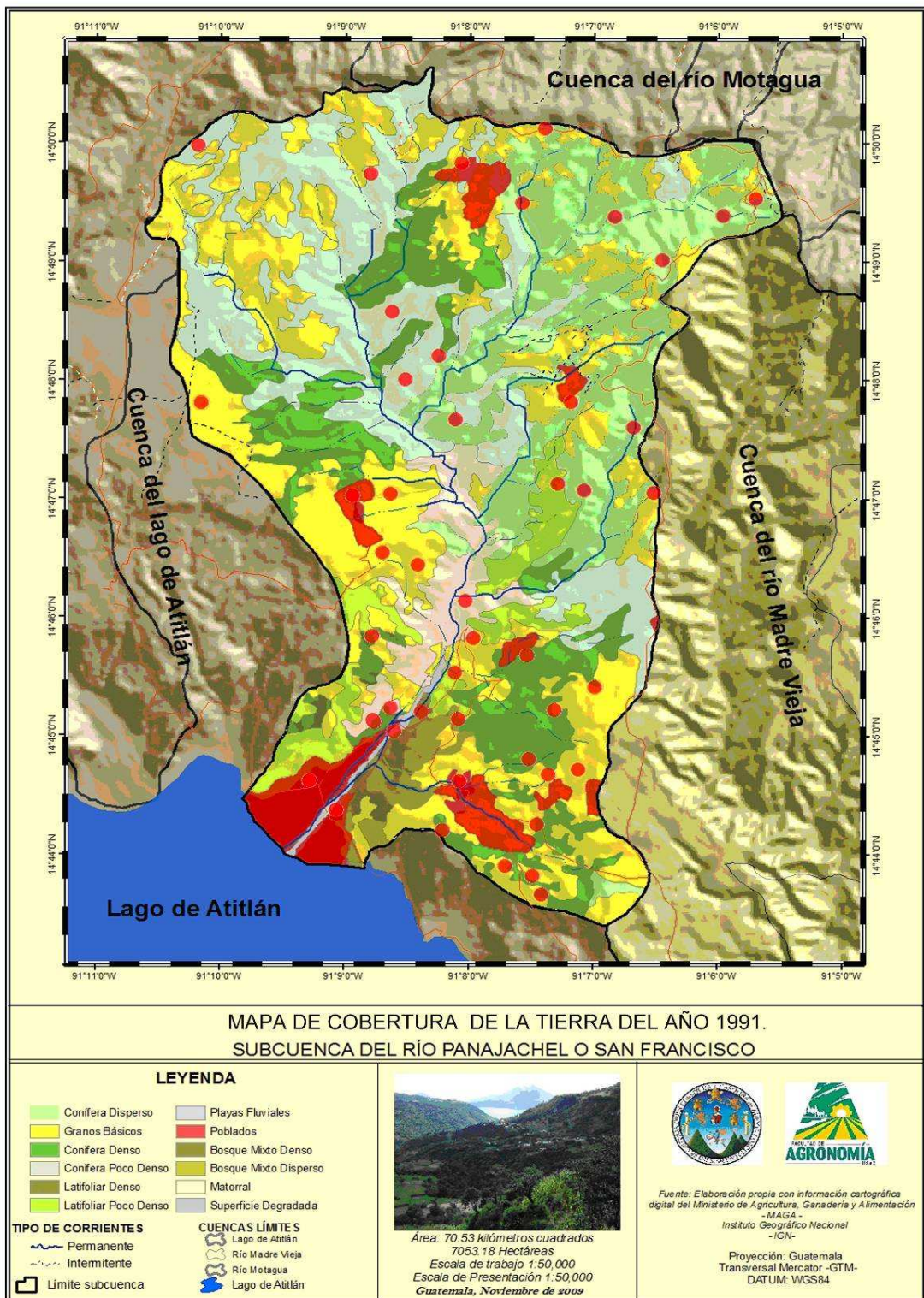


Figura 2.7. Mapa de Cobertura de la tierra año 1991. Subcuenca del Río Panajachel

B. Cobertura de la tierra año 2001

En la cobertura de la tierra del año 2001 se clasificaron 14 usos distintos como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.4. Cobertura de la tierra del año 2001.

Grupo	Categoría	Área (km ²)	Área (ha)	Porcentaje
Agricultura	Agricultura anual (Granos Básicos)	19.52	1951.95	27.67
	Hortalizas	7.37	736.81	10.45
	Agricultura perenne	1.45	145.10	2.06
Bosques	Conífera denso	5.57	557.11	7.90
	Conífera disperso	1.59	158.92	2.25
	Conífera poco denso	25.12	2512.00	35.61
	Bosque mixto disperso	1.54	153.84	2.18
	Latifoliar denso	0.27	27.11	0.38
	Latifoliar poco denso	2.91	290.61	4.12
	Matorral	0.33	33.22	0.47
Infraestructura	Poblados	3.30	329.55	4.67
Zonas áridas y mineras	Superficie degradada	0.76	76.26	1.08
	Playas fluviales	0.81	81.02	1.15
		70.53	7053.50	100

Fuente: Elaboración Propia.

Para el año 2001 la cobertura de la tierra tuvo cambios significativos, la mayor área estaba ocupada por bosques de coníferas distribuidos desde bosques densos hasta dispersos, de acuerdo a los pobladores de la región las áreas presentaban por lo regular bosques densos y poco densos, pero debido al poco interés en el manejo y conservación de los bosques las actividades humanas, los incendios forestales y los fenómenos naturales como el Huracán Mitch (1998) impactaron fuertemente perdiendo densidad en la cobertura forestal dejando bosques dispersos. La distribución de la cobertura forestal en la subcuenca en el año 2001 era de 53.92%, las áreas dedicadas a la agricultura cubrían 40.18%.

Haciendo comparaciones con el uso del año 1991 hubo un incremento en la cobertura forestal de 43.43 % a 52.92 % este aumento se debió al establecimiento de plantaciones en la finca Santa Victoria; finca que se dedica al manejo forestal.

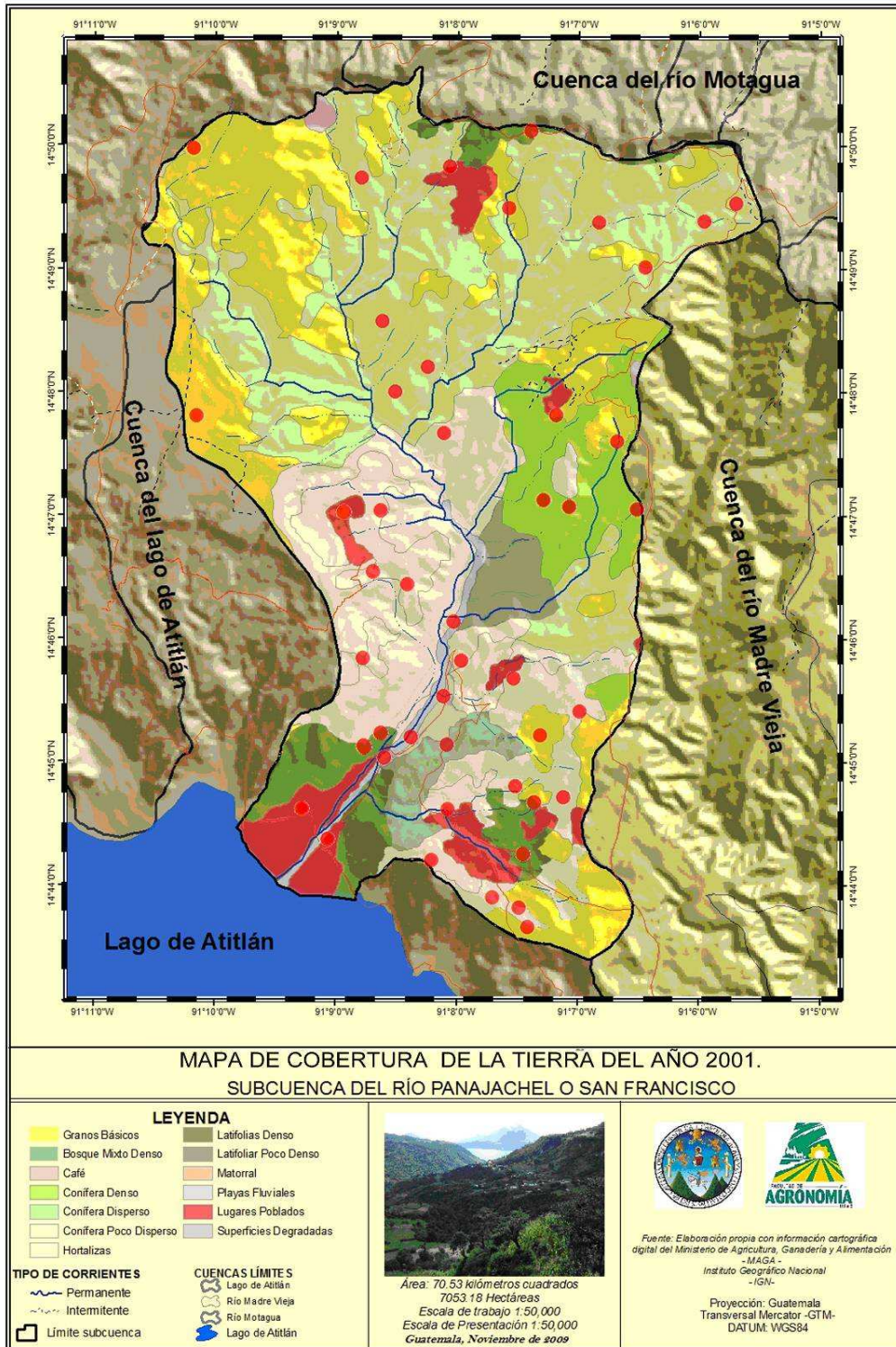


Figura 2.8. Mapa de cobertura de la tierra año 2001. Subcuenca del Río Panajachel.

C. Cobertura de la tierra año 2006

El análisis de la cobertura del suelo del año 2006, se realizó con base en los resultados del proyecto de investigación “*Planificación del uso de la tierra de la subcuenca del río Panajachel*”, realizado por DIGI-CEUR en el año 2009, con la finalidad de uniformizar los resultados de los años 1991 y 2001.

Cuadro 2.5. Cobertura de la tierra año 2006.

Grupo	Categoría	Área (km ²)	Área (ha)	Porcentaje
Agricultura	Agricultura anual (Granos Básicos)	15.18	1518.46	21.53
	Hortalizas	9.15	915.19	12.97
	Agricultura perenne	0.43	43.11	0.61
Bosques	Conífera denso	8.98	897.60	12.73
	Conífera disperso	2.53	253.46	3.59
	Conífera poco denso	23.99	2398.85	34.01
	Bosque mixto disperso	2.92	291.50	4.13
	Latifoliar denso	0.38	38.05	0.54
	Latifoliar poco denso	0.88	88.43	1.25
	Matorral	0.24	24.45	0.35
Infraestructura	Poblados	3.87	387.37	5.49
Pastos naturales y arbustos	Arbustos	0.45	45.15	0.64
Zonas áridas y mineras	Superficie degradada	0.64	64.10	0.91
	Playas fluviales	0.88	87.78	1.24
		70.53	7053.50	100

Fuente: Proyecto “Planificación del Uso de la Tierra de la Subcuenca del Río Panajachel” DIGI- CEUR. 2009.

De acuerdo a la información generada a través de la fotointerpretación y el trabajo de campo, el 56.60% del total del área de la subcuenca su uso es forestal, el 35.11% es de uso agrícola, el 4.78% de asentamientos humanos tanto rurales como urbanos, el 2.15 % son superficies degradadas por la extracción de arena y piedrín en laderas y el aumento del crecimiento de las playas fluviales a lo largo del cauce del Río Panajachel, debido a que es fuertemente impactado por el paso de fenómenos naturales, el 0.64% de su cobertura es de arbustos y matorrales, que se pueden visualizar en la figura 2.9.

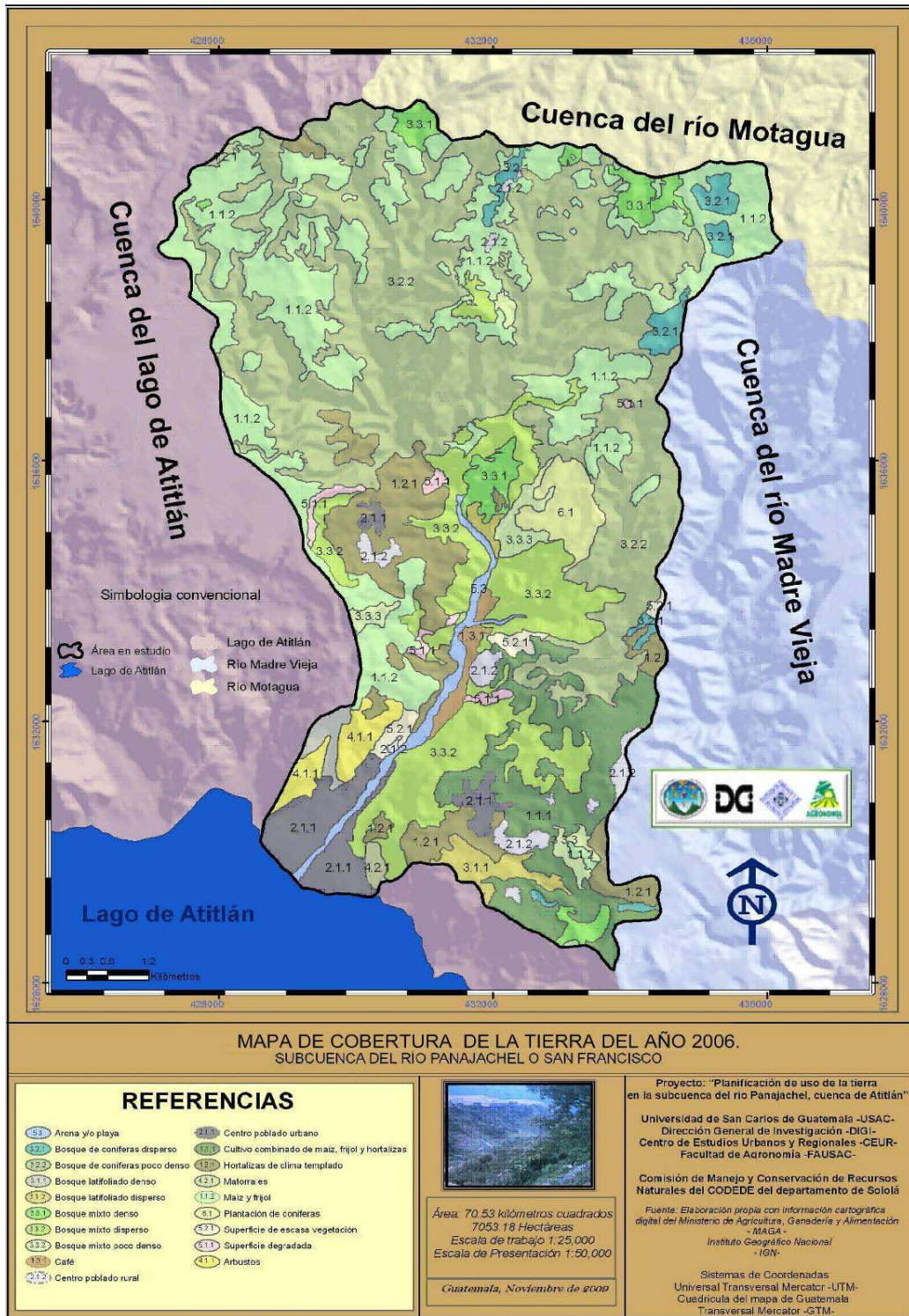


Figura 2.9. Mapa de cobertura de la tierra año 2006. Subcuenca del Rio Panajachel.

2.5.2. Fase 2: Compatibilidad de información y análisis de datos.

Se reclasificaron los datos de cobertura de la tierra desde la descripción original en el cual se tomó en cuenta solamente el grupo, como se puede ver el cuadro 2.6, esto con la finalidad de analizar los datos de cobertura forestal que es lo que interesa en este estudio.

Cuadro 2.6. Reclasificación de las categorías de la cobertura de la tierra.

Categoría	Grupo
Agricultura anual (Granos Básicos)	Agricultura
Hortalizas	
Agricultura perenne	
Conífera denso	Bosques
Conífera disperso	
Conífera poco denso	
Bosque mixto disperso	
Latifoliar denso	
Latifoliar poco denso	
Matorral	
Poblados	Infraestructura
Superficie degradada	Zonas áridas y mineras
Playas fluviales	

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3. Fase 3: Análisis de la dinámica de la cobertura forestal 1991 -2006

De acuerdo al análisis realizado en los estudios de la cobertura del suelo de los años 1991, 2001 y 2006, podemos observar que dentro de la subcuenca del río Panajachel hubo un incremento en la cobertura forestal. En el año 1991 el 47% del área de la subcuenca el uso era forestal equivalente a 3,443.74 hectáreas, el año 2001 llegó a alcanzar un 54%, y para el año 2006 el incremento llegó a alcanzar un 57%, esta comparación se ilustra en la figura 2.10.

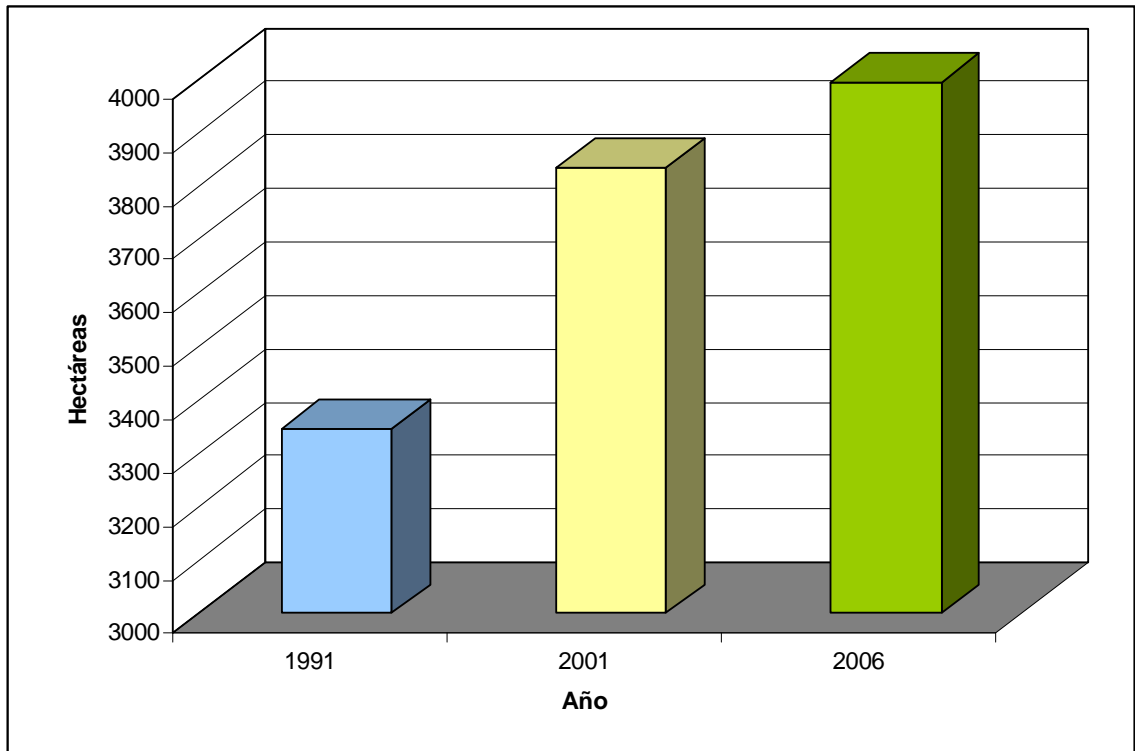


Figura 2.10. Crecimiento de la cobertura forestal en la subcuenca del Río Panajachel.

En un período de 10 años de 1991 a 2001 hubo un incremento del 9.6% de cubierta forestal y del año 2001 al 2006 el incremento fue de 1.6%. Este cambio muy alto de 1991 a 2006 se debe al aumento de las plantaciones forestales dentro de la finca Santa Victoria, que dentro del área de la subcuenca es muy representativo porque abarca el 15% del total de la subcuenca y su principal actividad es la silvicultura y la conservación de bosque.

2.5.4. Reclasificación de categorías de cobertura de la tierra

Los mapas de la cobertura forestal para los años 1991, 2001 y 2006, ya reclasificados desde la descripción original, con la finalidad de analizar los datos de interés en este estudio, se muestran en las figuras 2.11, 2.12, y 2.13.

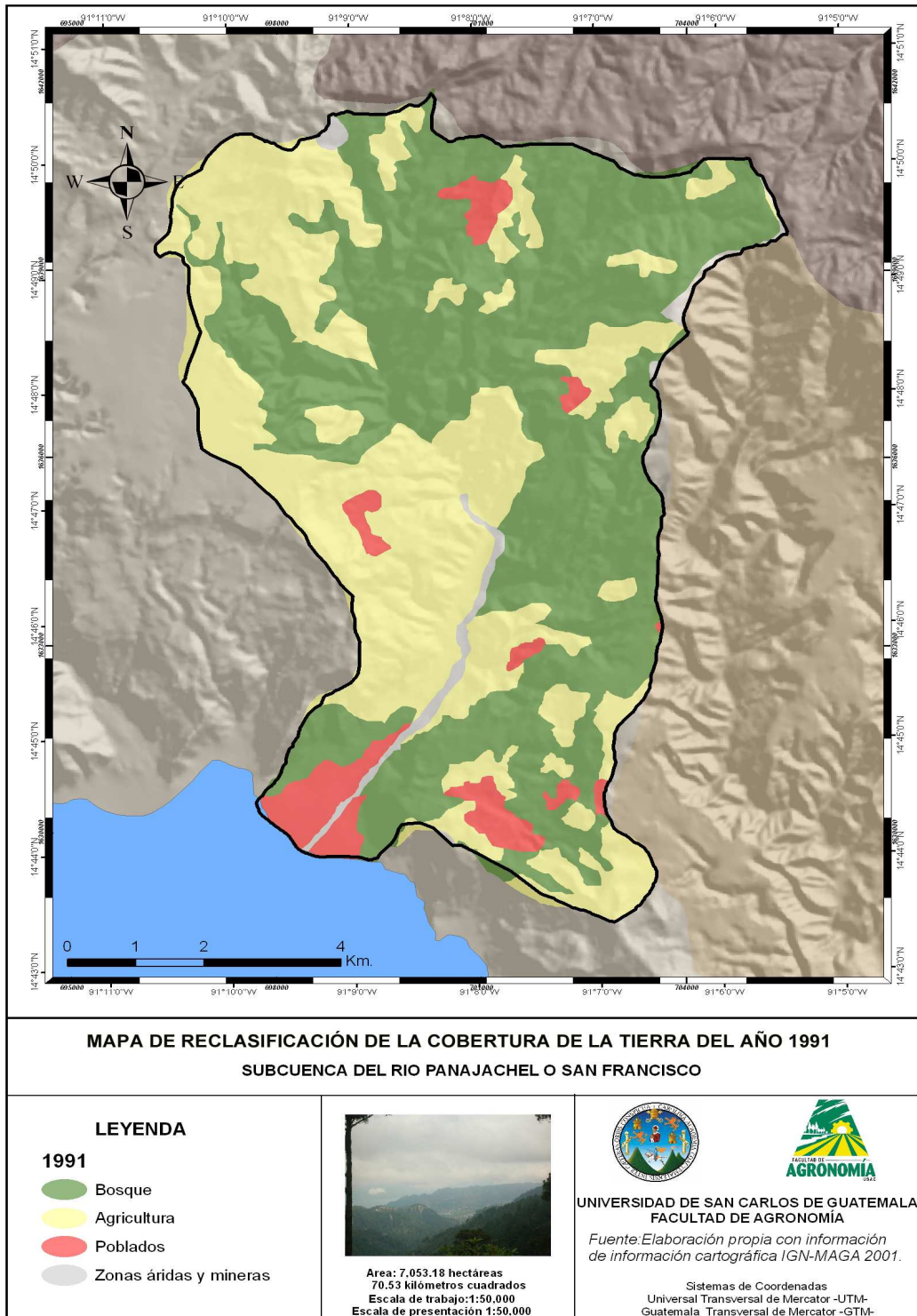


Figura 2.11. Mapa de reclasificación de la cobertura de la tierra año 1991. Subcuenca del Río Panajachel.

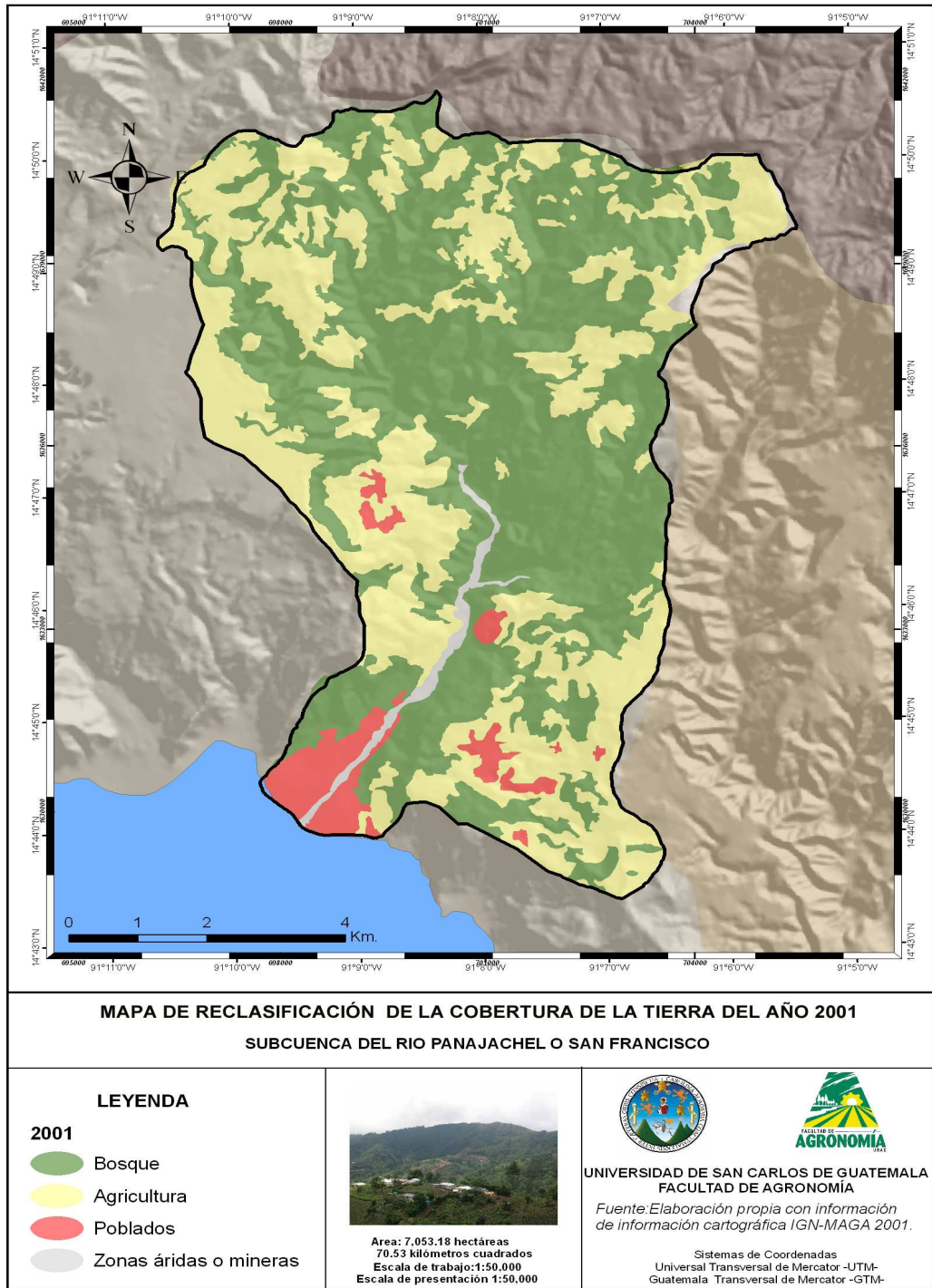


Figura 2.12. Mapa de reclasificación de la cobertura de la tierra año 2001. Subcuenca del Río Panajachel.

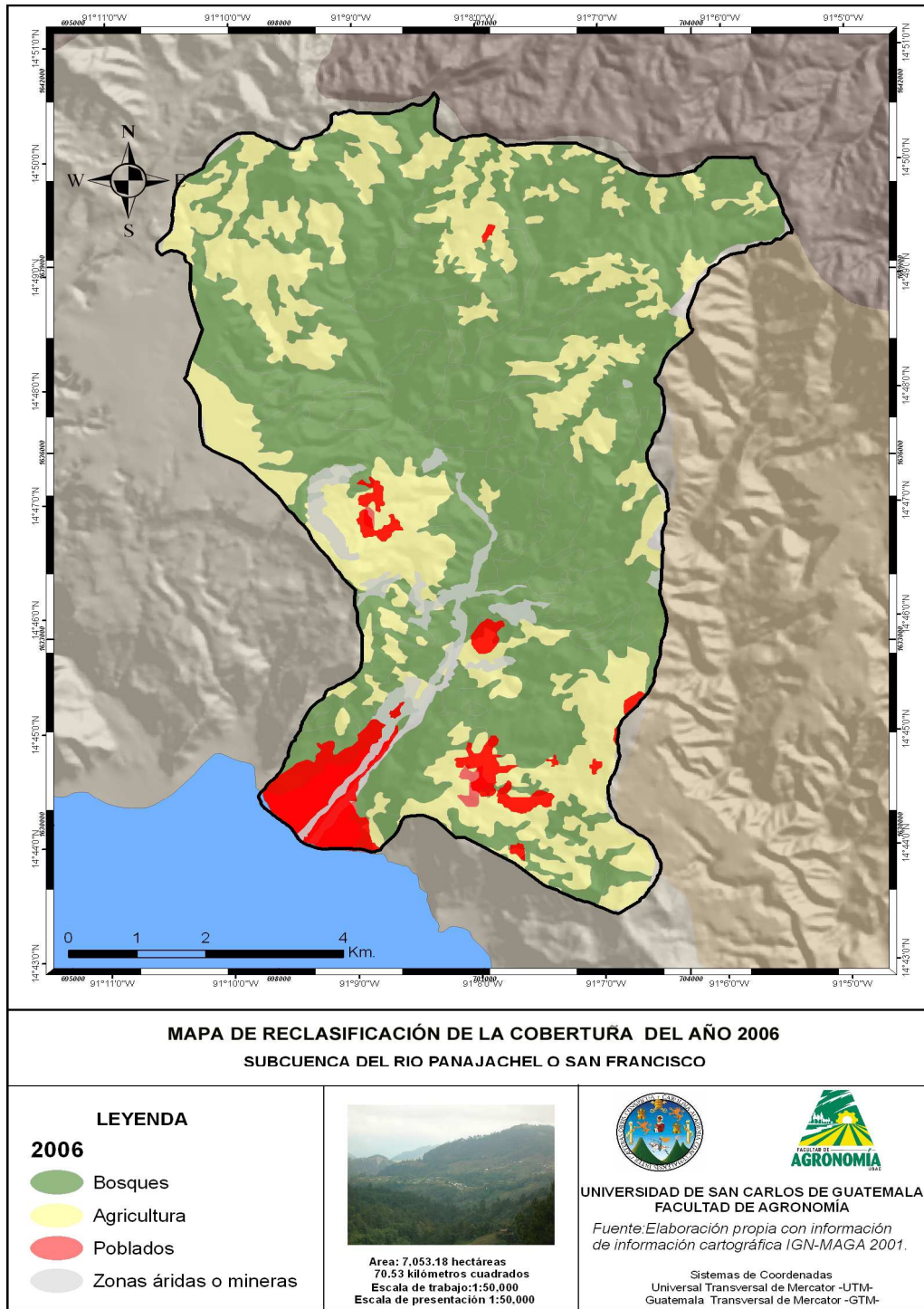


Figura 2.13. Mapa de reclasificación de la cobertura de la tierra año 2006. Subcuenca del Río Panajachel.

A. Estimación de las tasas de cambio

De acuerdo a la metodología descrita para la estimación de las tasas de cambio correspondientes a la dinámica de la cobertura forestal en el cuadro 2.7 se presentan los resultados obtenidos en 3 períodos 1991 -2001, 2001-2006 y 1991 -2006.

Cuadro 2.7. Estimación de las tasas de cambio de la dinámica de cobertura forestal de la subcuenca del río Panajachel.

	1991 - 2001	2001-2006	1991-2006
Pérdida (ha)	319.06	612.12	931.18
Ganancia (ha)	808.13	771.65	1579.78
Cambio Neto (ha)	489.07	159.53	648.60
Cambio neto en %	6.93	2.26	9.20
Cambio anual (ha/año)	48.91	31.91	43.24
Cambio anual en %	1.33	0.69	2.02

Para el período 1991- 2006 hubo un pérdida 931.18 hectáreas de cobertura forestal, (ver figuras 2.14, 2.15 y 2.16), el cual es atribuida a diversos factores como crecimiento de la frontera agrícola, crecimiento de asentamientos humanos, entre otros y sin embargo se recuperaron 1,579.78 hectáreas, resultando una ganancia neta de 648.60 hectáreas de bosque y así sucesivamente podemos ver en el cuadro 2.7 el comportamiento en cada uno de los tres períodos descritos. Esta ganancia neta como se indicó anteriormente se debió al establecimiento y ampliación de los terrenos de la Finca Santa Victoria para actividades de producción forestal y que son beneficiados por los programas de PINFOR.

Estas 648.60 hectáreas de ganancia neta, representan un 9.20% del área total de la cobertura forestal que se ha ganó del año 2006 al año 1991. La tasa de recuperación de la cobertura forestal fue de 40.54 hectáreas por año, equivalente a un 2.02 % de recuperación por año. Haciendo las comparaciones para cada uno de estos períodos el mayor aumento se percibió en el período de 1991 -2001, aumentando en un 6.93% la cobertura forestal y en el período de 2001 – 2006 el crecimiento fue de 2.26% en un período de 5 años.

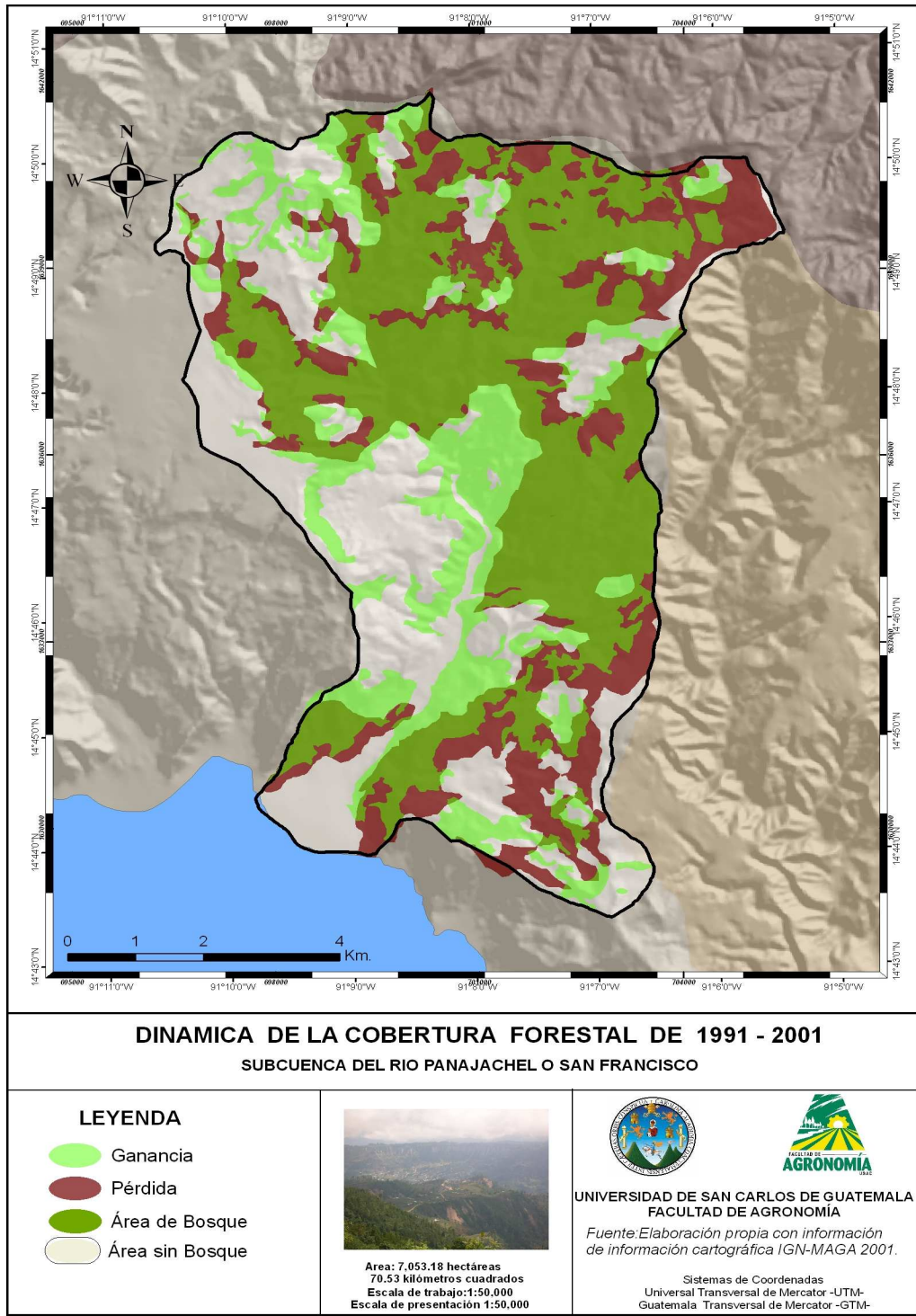


Figura 2.14. Mapa dinámica de la cobertura forestal 1991-2001. Subcuenca del Río Panajachel.

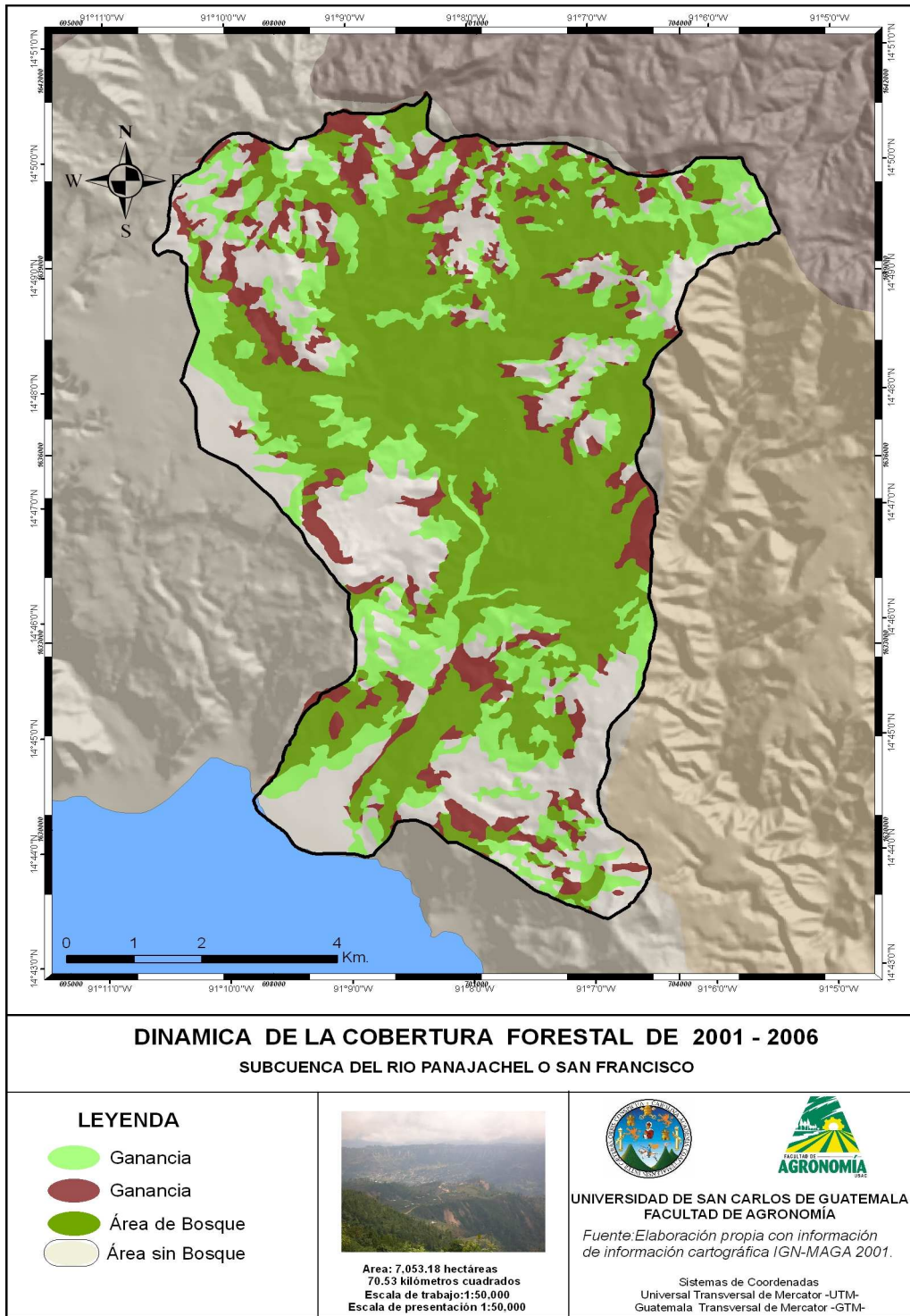


Figura 2.15. Mapa dinámica de la cobertura forestal 2001-2006. Subcuenca del Río Panajachel.

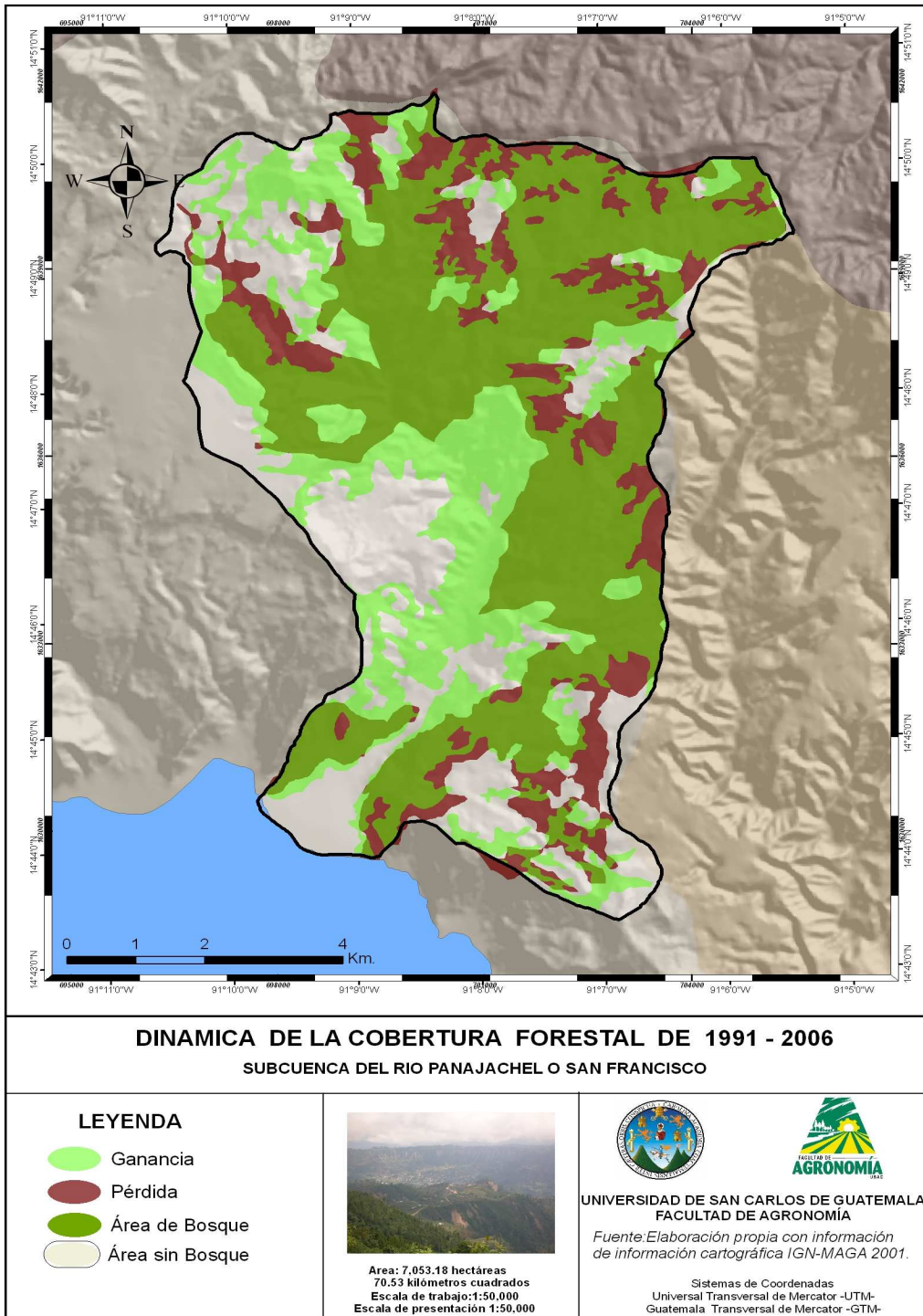


Figura 2.16. Mapa dinámica de la cobertura forestal 1991-2006. Subcuenca del Río Panajachel.

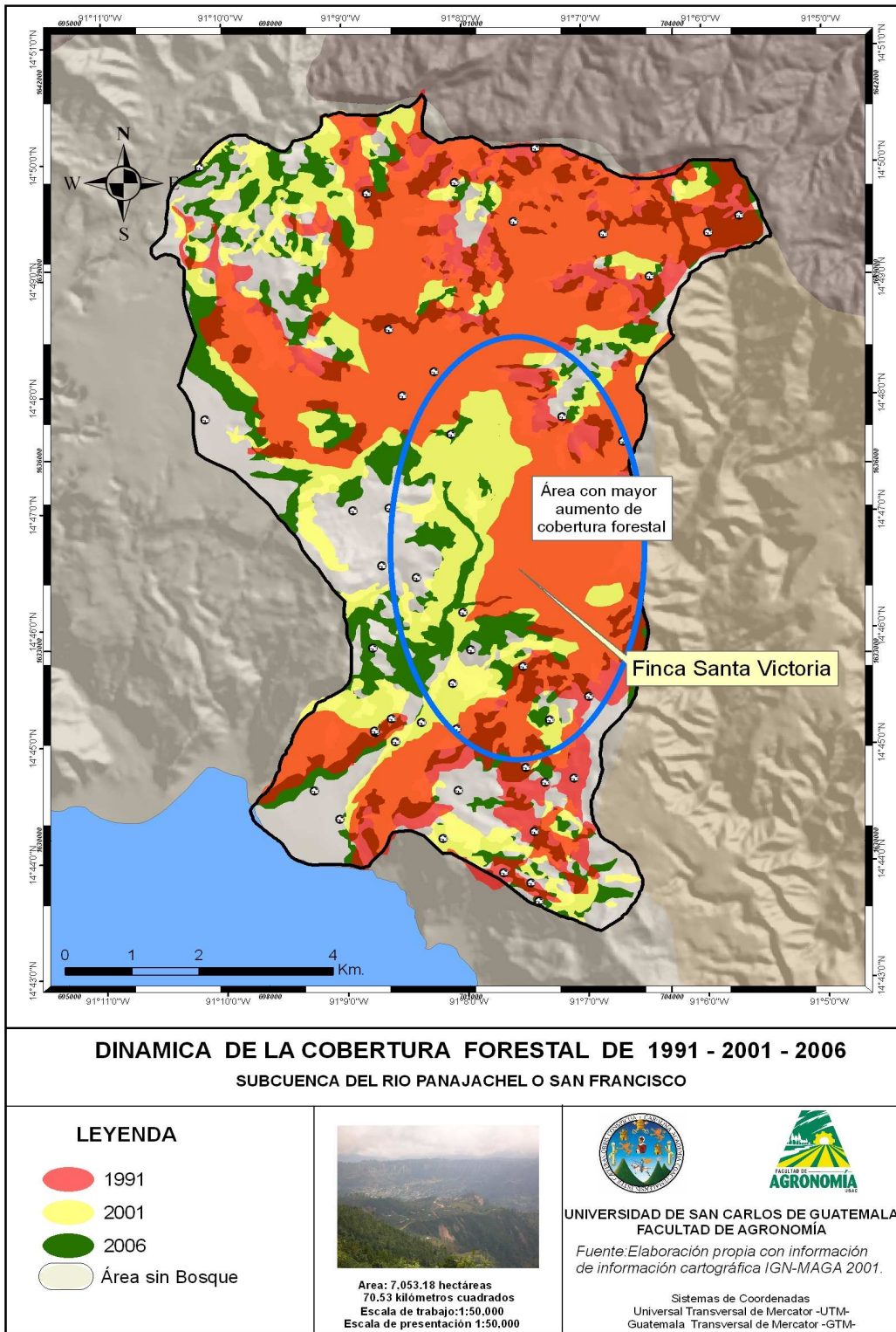


Figura 2.17. Mapa de áreas de mayor crecimiento de cobertura forestal.

En la figura 2.17 podemos identificar que las áreas donde ha habido mayor crecimiento de cobertura forestal está ubicada en el área que ocupa la finca Santa Victoria y donde hay más pérdida de cobertura es donde están asentados la mayor parte de centros poblado que están en el norte, occidente y parte sur de la subcuenca.

2.6. Conclusiones

En el año 1991 la cobertura forestal en Hectáreas de la Subcuenca era de 3,343.74, para el año 2001 era de 3,732.81 y para el año 2006 entre bosques de conífera denso, disperso, poco denso, bosque mixto disperso, latifoliar denso, latifoliar poco denso y matorrales es de 4,037.49.

En el periodo de 10 años de 1991 al 2001 se visualizó un incremento del 9.6% en cobertura forestal, en el periodo de 5 años del 2001 al 2006 el incremento fue de 1.6%. El cambio en el aumento de cobertura forestal en el periodo de 15 años entre el año 1991 al 2006 se debió al aumento de plantaciones forestales en la Finca Santa Victoria , que representa un 15% del área total de la subcuenca, siendo su principal actividad la silvicultura y la conservación del bosque.

En el año 2006 la cobertura forestal de la subcuenca era del 57%, en el año 2001 la cobertura era del 54% y en el año 1991 era de tan solo el 47% entre bosques de coníferas, latifoliadas y mixtos, puros, dispersos, densos y plantaciones. Después de la cobertura forestal predomina el uso agrícola en especial hortalizas y granos básicos.

El área que ocupan los bosques es la primera indicación de la importancia relativa de éstos dentro de la subcuenca del río Panajachel. Las estimaciones sobre los cambios de área dentro del período 1991 - 2006 a través del tiempo ofrecen una indicación de la demanda de tierra para la silvicultura y otros usos de la tierra, y pueden ilustrar también los efectos de las grandes catástrofes y alteraciones del medio ambiente sobre los ecosistemas forestales.

Hasta en el año 1991 hubo una pérdida de cobertura forestal de 319.06 hectáreas, posteriormente hubo un aumento muy notorio en los siguientes años. La concentración de la población en la parte Norte, Oeste y Sur de la subcuenca denota la pérdida acelerada de la

cobertura forestal que contrasta con el aumento de la cobertura en la parte Oeste y Noroeste de la subcuenca debido a la actividad forestal de la finca Santa Victoria.

Toda mala acción que se haga dentro de la subcuenca deteriorando los recursos, impacta fuertemente en el estado del Lago de Atitlán ya que el Río Panajachel es el segundo afluente más importante de este recurso lacustre.

2.7. BIBLIOGRAFÍA.

1. Bámaca Figueroa, EE. 2000. Inventario forestal y plan de manejo integrado de la unidad de manejo "Uaxactún", Petén, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 168 p.
2. Cardona, LE. 2005. Estimación de la recarga hídrica natural potencial de la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, A.V. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 75 p.
3. Castellanos, E; Fortín, I; Medinilla, O. 2003. Diagnóstico ecológico – social en la cuenca de Atitlán. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala / The Nature Conservancy. 13 p.
4. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Sistema guatemalteco de áreas protegidas. Guatemala. 269 p.
5. Congreso de la República de Guatemala, GT. 2001. Ley de áreas protegidas y reglamento de la ley de áreas protegidas. 6 ed. Guatemala, IDEADS. 61 p.
6. Coulson, C; Witter, JA. 1990. Entomología forestal: ecología y control. Trad. Javier Jiménez Ortega. México, Limusa. 710 p.
7. Dix, M *et. al.* 2003. Diagnostico ecológico-social en la cuenca de Atitlán. *In* Dix, M. 1985. Evaluación de tierras con fines forestales. Roma, Italia, FAO. 106 p. (Estudio FAO: Montes no. 48).
8. IARNA (Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, GT). 2006. Perfil ambiental de Guatemala 2006: tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental. Guatemala, Serviprensa. 249 p.
9. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1982. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja Sololá, no. 1960-III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
10. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1999. Informe final: mapa de cobertura forestal para 1999. Guatemala. 4 p.
11. _____. 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
12. _____. 2003. Resumen de resultados, inventario forestal nacional 2001-2003. Guatemala. 45 p.
13. _____. 2005. Breve descripción de los recursos boscosos de Guatemala. Guatemala. 45 p.

14. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. X censo nacional de población y V de habitación. Guatemala, INE.1 CD.
15. INE (Instituto Nacional de Estadística, MX). 2004. Conceptos de cuencas (en línea). México. Consultado 8 set 2005. Disponible en <http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html>
16. Instituto Forestal de Investigación y Experiencia, US. 1968. Terminología forestal. Washington, US, Ministerio de Agricultura. 265 p.
17. Klingebiel, A; Montgomery, P. 1961. Land capability classification. USDA. Washington, DC, US, USDA, Soil Conservation Service. 143 p. (Agricultural Handbook 210).
18. Komives, R; Lucke, O; Ritchers, E. 1985. Notas: sobre el uso de la tierra. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 9 p.
19. Ochoa, W; Alcántara, W; Guzmán, N. 2009. Planificación del uso de la tierra en la subcuenca del río Panajachel, cuenca de Atitlán: informe final. Guatemala, USAC, Centro de Estudios Urbanos y Regionales / USAC, Dirección General de Investigación. 72 p.
20. Pérez, J. 2007. Estado de la información forestal en Guatemala (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 23 ene 2007. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/ad402s/AD402s00.htm#TopOfPage>
21. Rosito, JC. 1999. Estudio florístico de la comunidad del cipresillo (*Taxus globosa* Schleeht.) en los cerros Pinalón y Mulujá en las Sierras de las Minas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 106 p.
22. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, GT). 2006. Plan de reconstrucción y reducción de riesgos del departamento de Sololá, basado en el plan de desarrollo sostenible 2006–2007. Mansia V, A (editora). Guatemala. 127 p.
23. UVG (Universidad del Valle de Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 2006. Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala de los años 1991, 1996 y 2001, y mapa de cobertura forestal de Guatemala 2001. Guatemala. 98 p.

CAPITULO III

Informe de servicios realizados en el Proyecto

“Impacto Hidrológico Derivado del Uso del Suelo en Plantaciones de Coníferas en la Cuenca del Lago de Atitlán”

3.1. Presentación

Como parte de las actividades que conforman el Ejercicio Profesional Supervisado está la de realizar servicios para la institución donde se ha desarrollado la práctica, ya que se pretende que cada estudiante tenga la capacidad de dar solución o alternativas de solución a las necesidades que se presenten.

Los servicios fueron definidos tomando en cuenta las necesidades que cubrir en el proyecto “Impacto Hidrológico Derivado del Uso del Suelo en Plantaciones de Coníferas en la Cuenca del Lago de Atitlán”; coordinado por el Ing. Agr. MSc. Tomas Antonio Padilla Cambara, los cuales se ejecutaron en el momento en que fueron surgiendo.

3.2. SERVICIO 1. Apoyo en aforos del proyecto “Impacto Hidrológico Derivado del Uso del Suelo en Plantaciones de Coníferas en la Cuenca del Lago de Atitlán”

3.2.1. Objetivos

General

Apoyar la realización de aforos del Rio Quiscap en el periodo de Febrero del año 2009 a Enero del año 2010.

Específicos

- Ubicar los puntos de Aforo en la Subcuenca del Rio Quiscap, Cuenca del Lago de Atitlán.
- Realizar aforos en el Rio Quiscap en los meses de febrero del año 2009 a enero del año 2010.
- Determinar promedio del caudal del Rio Quiscap Cuenca del Lago de Atitlán para los años 2007, 2008 y 2009

3.2.2. Metodología

A. Realización de Aforos

Se ubicaron siete puntos de aforo, siendo estos: Xibalbay, San Jose Chuiscalera, Novillero Puente, Argueta, Maria Tecun, Xibalbay La Cuchilla y Quiscab. Los aforos se realizaron mensualmente durante el periodo de Febrero del año 2009 a Enero del año 2010.

Para la realización de los aforos se utilizó el método de sección velocidad, en cada uno de los puntos de aforo se realizó la medición del caudal de manera mensual en m^3/s .

B. Determinación del área de la sección

Se determinó por mediciones de ancho y profundidad del cauce. Las profundidades, y el ancho del cauce fue dividido en tramos o secciones con distancias conocidas, en el cual se tomaron las profundidades de inicio y al final del tramo, para luego obtener la media de profundidad y multiplicarlo por el ancho de la sección, así se obtuvo el área en metros cuadrados.

C. Determinación de la velocidad

Se efectuó por medio de flotadores, para lo cual se escogió un tramo recto dentro del cauce, libre de obstáculos, luego se dividió en tres secciones, las cuales son las orillas y el centro del río, para obtener la velocidad se tomó el tiempo que tardó en recorrer el tramo de longitud conocida, siendo la velocidad distancia recorrida por el tiempo que tardó. El valor obtenido en la velocidad (m/seg) al multiplicarlo por el área (m^2), dará el caudal del río (m^3/seg)

3.2.3. Resultados

Para esta actividad se realizaron aforos en ocho puntos estratégicos de la subcuenca del río Quiscab. El método de aforo es el de sección-velocidad para lo cual se utilizó molinete y/o flotador para determinar la velocidad.

El período de estudio fue un año, iniciando en febrero del 2009 y concluyendo en enero de 2010; las mediciones se realizaron cada mes en cada uno de los puntos de muestreo, las fluctuaciones de estas mediciones se muestran en la figura 3.1, donde se puede observar que la época lluviosa inicia en el mes de mayo y termina en el mes de octubre, el mes en donde el caudal fue mayor durante el período evaluado es el mes de junio, el aumento y disminución de los caudales está ligado a la época lluviosa y la época seca de éste lugar.



Figura 3.1. Punto de aforo Novillero Puente

Los caudales de mayor valor que se presentan en la subcuenca son de 4.7645 y 4.1532 m³/s, que pertenecen a los meses de agosto y octubre, respectivamente (ver cuadro 3.1)

Cuadro 3.1. Caudal promedio mensual de los aforos realizados en los cauces de la subcuenca del río Quiscab (m³/seg).

Caudal Promedio Mensual de los aforos realizados en los cauces de la subcuenca del Rio Quiscab (m ³ /seg).								
Año	Rio/Mes	Xibalbay	San José chuiscalera	Novillero Puente	Argueta	María Tecun	Xibalbay La Cuchilla	Quiscab
2009	Febrero	0.7055	0.0901	0.3005	0.223	0.0401	0.0696	1.3759
	Marzo	0.685	0.0813	0.2925	0.2076	0.0377	0.0591	1.2965
	Abril	0.7135	0.1097	0.3109	0.2033	0.0399	0.1298	1.2876
	Mayo	0.8711	0.1803	0.3997	0.3876	0.1679	0.2078	1.5786
	Junio	1.5801	0.1925	0.6695	2.1185	0.4602	0.3276	2.3765
	Julio	3.7923	0.2513	1.2403	2.9102	0.8453	1.0212	4.1456
	Agosto	3.0011	0.5001	1.4532	1.4689	0.8479	0.4198	4.7645
	Septiembre	0.7825	0.4765	0.9341	0.3789	0.1896	0.0654	2.3823
	Octubre	2.9906	0.3699	0.2036	1.9101	0.6721	0.2099	4.1532
	Noviembre	1.4146	0.1907	0.5988	0.8371	0.4634	0.1203	
2009	Diciembre	0.8801	0.1199	0.3693	0.5311	0.1498	0.0822	1.9145
2010	Enero	0.8101	0.1101	0.2996	0.4403	0.0567	0.0604	1.5356

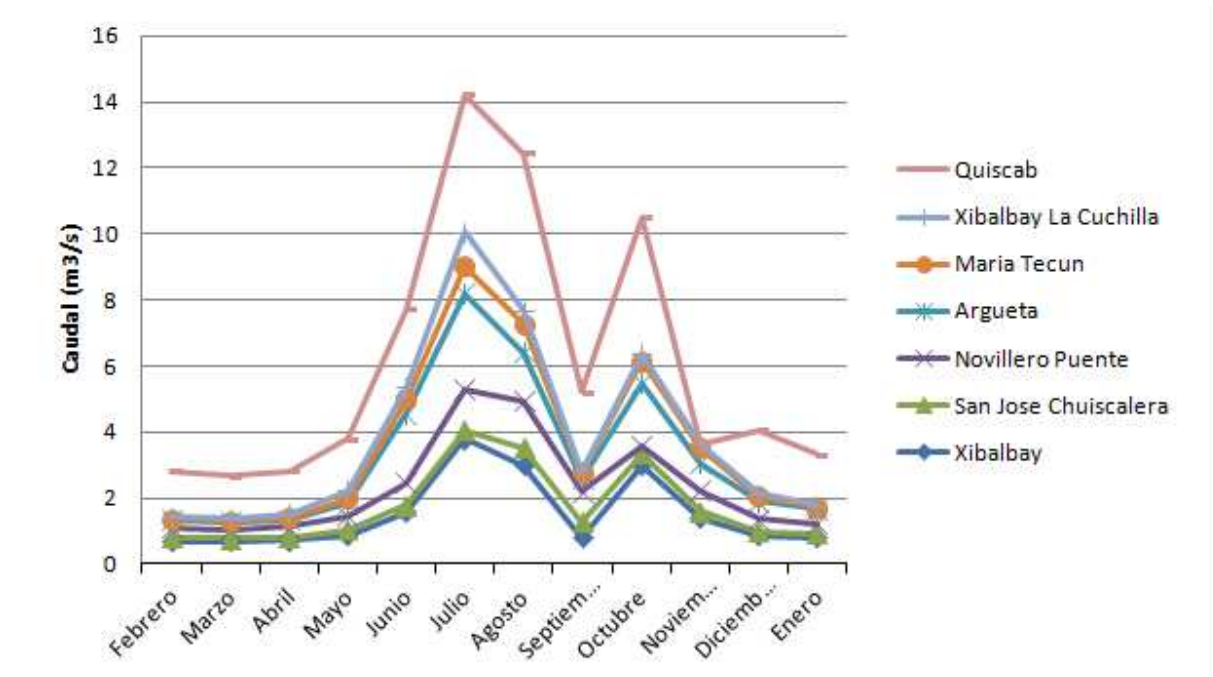


Figura 3.2. Caudales de los puntos de aforo medidos en el período del mes febrero del 2009 al mes de enero del 2010.



Figura 3.3. Punto de aforo Xibalbay.

3.2.4. Evaluación

Se realizó un aforo por mes durante doce meses en cada uno de los puntos ubicados en la Subcuenca del Río Quiscab, los resultados fueron proporcionados al coordinador de dicho proyecto, para luego ser utilizado en el proyecto ya identificado.

3.3. SERVICIO 2. Apoyo en actividades de presentación del proyecto “Impacto Hidrológico Derivado del Uso del Suelo en Plantaciones de Coníferas en la Cuenca del Lago de Atitlán” ante la comisión de Ambiente y Recursos Naturales del CODEDE.

3.3.1. Objetivos

- A.** Realizar el enlace respectivo para dar a conocer el proyecto ante la comisión de ambiente y recursos naturales del Consejo de Desarrollo Departamental de Sololá.

3.3.2. Metodología

- A.** Obtener comunicación con las entidades que forman parte de la Comisión de ambiente y recursos naturales del CODEDE en Sololá
- B.** Programar una reunión con la comisión de ambiente y recursos naturales del CODEDE en Sololá, para la presentación de dicho proyecto, ya que hasta ese momento no conocían del proyecto en mención.

3.3.3. Resultados

En el mes de Julio 2009, se realizó la primera reunión con representantes directivos del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Bosques, Asociación Vivamos Mejor, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Autoridad del manejo sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su entorno, Mancomunidad Tzoloj'yá, para presentar el proyecto y programar la presentación en la reunión anual del Consejo Departamental de Desarrollo en el departamento de Sololá.



Figura 3.4. Primera presentación del proyecto “Impacto Hidrológico Derivado del Uso del Suelo en Plantaciones de Coníferas en la Cuenca del Lago de Atitlán” ante la comisión de Ambiente y Recursos Naturales del CODEDE.

En el mes de noviembre se realizó la presentación Final de dicho proyecto ante el Consejo Departamental de Desarrollo en el departamento de Sololá y de esta manera se dio a conocer el importantísimo proyecto que en la Subcuenca del Río Quiscab se había realizado y dar a conocer los resultados, apoyando y cumpliendo de esta manera con la divulgación de la información y así evitar la duplicidad de generación de información para el área.



Figura 3.5. Reunión preliminar antes de la presentación final del proyecto “Impacto Hidrológico Derivado del Uso del Suelo en Plantaciones de Coníferas en la Cuenca del Lago de Atitlán” ante la comisión de Ambiente y Recursos Naturales del CODEDE.

3.3.4. Evaluación

En la coordinación de reuniones entre el proyecto en mención y la comisión de recursos naturales y ambiente del consejo departamental de desarrollo fue de gran importancia, debido a que las entidades que trabajan en pro del área protegida no conocían la existencia y la generación de información tan importante que este proyecto generó para la Reserva de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago de Atitlán RUMCLA, principalmente a la subcuenca del Río Quiscab.

ANEXOS.