

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

ESTIMACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL

DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SALAMÁ, BAJA VERAPAZ

TESIS DE GRADO

LOURDES ISABEL LOBOS LUNA

CARNET 21658-08

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2015

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

**ESTIMACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SALAMÁ, BAJA VERAPAZ
TESIS DE GRADO**

**TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

**POR
LOURDES ISABEL LOBOS LUNA**

PREVIO A CONFERÍRSELE

**EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN
EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA**

**SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2015
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ**

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:	LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL:	LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. OSCAR ALEJANDRO ÁVALOS CAMBRANES

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. RICARDO ISMAEL ÁVILA FOLGAR
ING. CLAUDIO ALBERTO LOPEZ RIOS
ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

Guatemala, 07 de Octubre 2015.

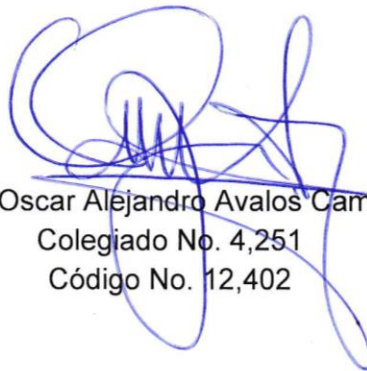
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del consejo

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante Lourdes Isabel Lobos Luna carné 21658-08; Titulado: **Estimación de la Recarga Hídrica potencial de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.**

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Oscar Alejandro Avalos Cambranes
Colegiado No. 4,251
Código No. 12,402



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06365-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante LOURDES ISABEL LOBOS LUNA, Carnet 21658-08 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES, del Campus de La Verapaz, que consta en el Acta No. 06117-2015 de fecha 26 de septiembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

ESTIMACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL
DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SALAMÁ, BAJA VERAPAZ

Previo a conferírsele el título de INGENIERA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 8 días del mes de octubre del año 2015.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas:
Por haberme abierto las puertas y ser parte importante de mi formación académica.

Mis catedráticos: Por su dedicación y esmero para compartirme sus conocimientos, y contribuir para que sea una mejor profesional.

Mi Asesor: Por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

Mis amigos y compañeros de promoción: Por los buenos momentos que vivimos y las experiencias compartidas.

Todas aquellas personas que me apoyaron y motivaron para concluir este trabajo.

DEDICATORIA

- A Dios:** Ser todo poderoso que me ha guiado por el camino del bien, y me dio fortaleza, perseverancia y sabiduría para culminar esta gran etapa de mi vida. Eternamente Agradecida.
- Mis Padres:** Adrián de Jesús Lobos García
Julia Isabel Luna Morales de Lobos
Con mucho amor por el apoyo; sobre todo por el sacrificio y esfuerzo que hicieron para darme todo lo necesario. Con todo mi corazón este logro es por y para ustedes.
- Mi Hijo:** Adriancito, por ser el motor de mi vida y principal motivación para este logro y para buscar muchos más. Te amo mucho.
- Mis Hermanos:** Allan Hugo Adrián Lobos Luna
Carlos Antonio Rivelino Lobos Luna
Con mucho amor; este triunfo los motive a buscar sus propios logros y que sea un ejemplo para ellos. Los quiero.
- Mi Sobrinita:** Ariadna, con mucho cariño.
- Mis Abuelos:** Por el cariño que me han brindado, y por sus sabios consejos.
- Mis Tios y tias:** Por demostrarme ese cariño tan especial.
- Mis Amigos (as):** Por acompañarme en todo momento y brindarme su amistad sincera.

INDICE GENERAL

Contenido	No. Pag
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCION.	1
II. MARCO TEORICO.....	2
2.1 ANTECEDENTES.	2
2.2 MARCO CONCEPTUAL	3
2.2.1 Estado del Arte.....	3
2.2.2 Ciclo hidrológico.	4
2.2.3 Hidrología.	5
2.2.3.1 Hidrología forestal.	6
2.2.3.2 Hidrología superficial.	7
2.2.3.3 Hidrología subterránea.	7
2.2.4 Cuenca hidrográfica.	8
2.2.4.1 Cuencas, subcuencas y microcuencas.	8
2.2.4.2 Subcuenca hidrográfica.	9
2.2.4.3 Microcuenca hidrográfica.	9
2.2.4.4 Tipos de cuencas.	9
2.2.5 Recarga hídrica.	11
2.2.6 Factores que afectan la recarga hídrica.	11
2.2.6.1 Estratigrafía geología.	12
2.2.6.2 Suelo.	12
2.2.6.3 Cobertura Vegetal.	14
2.2.6.4 Clima.	15
2.3 MARCO REFERENCIAL.....	17
2.3.1 Descripción Biofísica.....	17
2.3.1.2 Extensión Territorial.....	17
2.3.1.3 Ubicación Geográfica y Altitud	18

2.3.1.4	Ubicación Administrativa y extensión	18
2.3.1.5	Geología.....	21
2.3.1.6	Suelos	24
2.3.1.7	Uso de suelo y Cobertura Vegetal	31
2.3.1.8	Zonas de Vida	34
2.3.1.9	Hidrología.....	36
III.	PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	37
3.2	Definición del Problema	37
3.3	Justificación del Trabajo.....	39
IV.	OBJETIVOS.....	41
4.1	General:	41
4.2	Específicos:.....	41
V.	METODOLOGIA.....	42
5.1	Sistematización de la Información.....	42
5.2	. Análisis de las Variables	44
5.2.1	Información geológica	45
5.2.2	Información Taxonómica de suelos.....	46
5.2.3	Información del uso del suelo y/o cobertura vegetal 2010.	47
5.2.4	Información climática.....	47
5.2.5	Análisis de la información Recopilada.....	48
5.3.	Estimación de la Recarga Hídrica Potencial	49
5.3.1	Identificación y mapeo de áreas de recarga hídrica.	50
5.3.2	Cálculo del balance hídrico	51
5.3.4	Elaboración del mapa de recarga hídrica natural.	52
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	53
6.1	Sistematización de los estudios de recarga hídrica.....	53
6.2	Análisis de las Variables.....	55
6.2.1	Unidades de Mapeo	55
6.3.	Estimación de la Recarga Hídrica	63
6.3.1	Balance hídrico por Unidades de Mapeo.....	63
6.3.2	Balance Hídrico General de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.	73

6.3.3	Mapa de Recarga Hídrica de la subcuenca del río Salamá.....	74
VII.	CONCLUSIONES.....	77
VIII.	RECOMENDACIONES	78
IX.	BIBLIOGRAFIA	79
X.	ANEXOS	83

INDICE DE CUADROS

Contenido	No. Pag
Cuadro 1: Profundidad de raíz en cm, para diferentes usos de la tierra	15
Cuadro2: Extensión municipal de la subcuenca rio Salamá, Baja Verapaz.	18
Cuadro 3: Unidades Geológicas de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.	23
Cuadro 4: Taxonomía de suelos en unidades de mapeo de la subcuenca del rio Salamá, Baja Verapaz.....	30
Cuadro 5: Uso del suelo o cobertura vegetal del suelo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.....	31
Cuadro 6: Cobertura Forestal de la subcuenca del Rio Salamá, Baja Verapaz.	34
Cuadro 7: Zonas de vida de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.....	35
Cuadro 8: Categorías de zonas de recarga Hídrica.	52
Cuadro 9: Sistematización de estudios de recarga hídrica del Departamento de Baja Verapaz.....	53
Cuadro 10: Estudios de recarga hídrica realizados en el país. Informe Ambiental del Estado 2012. MARN 2013.....	54
Cuadro 11: Unidades de mapeo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.	56
Cuadro 12: Balance Hídrico por unidad de mapeo en volumen (metros cúbicos por año) y porcentaje (%) de cada componente con respecto a la precipitación.	63
Cuadro 13: Categorías de recarga hídrica por unidad de mapeo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.....	67
cuadro 14: Volumen y extensión de las categorías de recarga hídrica de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.	69
Cuadro 15: Recarga hídrica potencial de las unidades de mapeo con cobertura forestal (area y volumen).....	70
Cuadro 16: Distribución del área y volumen de las unidades con cobertura forestal.	72
Cuadro 17: Balance hídrico de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.	73

INDICE DE FIGURAS

Contenido	No. Pag
Figura 1. El Ciclo Hidrológico.	5
Figura 2: Ciclo Hidrológico del Bosque.	6
Figura 3: Cuenca endorreica.....	10
Figura 4: Cuenca Exorreica.....	10
Figura 5: Mapa de Ubicación Hidrológica de la Subcuenca del río Salamá.	17
Figura 6: Mapa de Ubicación Departamental de la Subcuenca del río Salamá.....	19
Figura 7: Mapa Ubicación Municipal de la Subcuenca del río Salamá.	20
Figura 8: Mapa Hipsométrico y de Áreas Protegidas de la subcuenca del río Salamá.	21
Figura 9: Mapa Geológico de la Subcuenca del río Salamá.	24
Figura 10: Mapa Taxonómico de la Subcuenca del río Salamá.	30
Figura 11: Mapa de uso del suelo y Cobertura Vegetal 2010 de la Subcuenca del río Salamá.	33
Figura 12: Mapa de Zonas de Vida de la Subcuenca del río Salamá.....	35
Figura 13 Flujograma del proceso Metodológico del primer objetivo	42
Figura 14: Flojograma del proceso metodologico del objetivo 2.....	44
Figura 15: Mapa de Unidades de Mapeo de la Subcuenca del río Salamá.....	62
Figura 16: Categoría de recarga hídrica de la subcuenca del río Salamá.....	66
Figura 17: Recarga Hidrica Potencial de las unidades de mapeo con Cobertura Forestal	71
Figura 18: Distribución del área y volumen de las unidades de mapeo con cobertura forestal	72
Figura 19: Mapa de Recarga Hídrica de la Subcuenca río Salamá.....	74

INDICE DE ANEXOS

Contenido	No. Pag
Anexo 1: Boleta de campo para el reconocimiento de unidades de mapeo.....	83
Anexo 2. Estudios de recarga Hídrica realizados en el País.....	84
Anexo 3: Estudios de recarga hídrica de Microcuencas realizados en Baja Verapaz	86
Anexo 4:Informacion General de la Microcuenca del rio Cachil, Salamá, Baja Verapaz.....	87
Anexo 5: Informacion General de la microcuenca del rio San Miguel o Dolores, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	89
Anexo 6: Información General de la Microcuenca del ríos Xesiguan, Rabinal, Baja Verapaz.....	91
Anexo 7: Informacioin general de la microcuenca del rio Belejeya, Granados, Baja Verapaz.....	92

ESTIMACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA POTENCIAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO SALAMÁ, BAJA VERAPAZ

RESUMEN

La subcuenca del río Salamá con una extensión de 70,469 ha es importante debido a que el recurso hídrico es utilizado por diferentes sectores, ha sido priorizada por diferentes programas por estar dentro del corredor seco del país, principalmente por la sequía que afecta al departamento y es de impacto para la producción de granos básicos dentro de la agricultura de infra y subsistencia. En el presente trabajo se determinó la recarga hídrica de la subcuenca, a través del análisis de información generada de varios estudios realizados en el departamento de Baja Verapaz, principalmente en las microcuencas de los municipios de San Jerónimo (San Jerónimo), Salamá (Cachil) y San Miguel Chicaj (Dolores) las cuales están dentro del área de estudio. Para obtener la estimación de la recarga hídrica se trazaron 3 objetivos los cuales pretendían sistematizar la información existente sobre la subcuenca, analizar las variables que definen el balance hídrico, y finalmente estimar la recarga hídrica. Para ello se generaron unidades de mapeo utilizando las variables de geología, taxonomía de suelos y cobertura general, para luego analizar la información documental del balance hídrico, y con esto se caracterizó la recarga hídrica según las unidades encontradas. Se recopiló información de 3 estudios de la subcuenca y se generaron 76 unidades de mapeo de las cuales el 39.57% se categorizó como zona de recarga muy alta y la recarga hídrica estimada totalizó un volumen de 360,712,305 m³/año.

ESTIMATION OF THE POTENTIAL HYDRIC RECHARGE OF THE SALAMÁ RIVER SUB-BASIN, BAJA VERAPAZ

SUMMARY

The Salamá river sub-basin, which has an extension of 70,469 ha, is important because its hydric resource is used by different sectors; it has been a priority for different programs since it is located within the country's dry corridor, mainly due to the drought that affects the department and because it has an impact on the production of basic grains within the infra-subsistence and subsistence agriculture. In this research study, the sub-basin's hydric recharge was determined through information gathered from several studies carried out in Baja Verapaz, mainly in the micro-basins of the municipalities of San Jerónimo (San Jerónimo), Salamá (Cachil), and San Miguel Chicaj (Dolores), which are located within the studied area. To obtain the hydric recharge estimation, three objectives were outlined in order to systematize the information available on the sub-basin, to analyze the variables that define the hydric balance and, finally, to estimate the hydric recharge. For that reason, mapping units were generated using the following variables: geology, soil taxonomy, and general coverage; subsequently, the documentary information of the hydric balance was analyzed and the hydric recharge was characterized according to the units found. Information was gathered from three studies on the sub-basin and 76 mapping units were generated, from which 39.57% was classified as a very high recharge zone and the hydric recharge yielded a volume of 360,712,305 m³/year.

I. INTRODUCCION.

La subcuenca del río Salamá es un área de recarga hídrica importante para el departamento de Baja Verapaz, ya que es fuente principal de abastecimiento de agua de tres municipios del departamento (San Jerónimo, San Miguel Chicaj y Salamá). La subcuenca tiene un área de 70,469 hectáreas, posee un volumen de 989.608 millones de metros cúbicos al año por aporte de la precipitación, lo que equivale a una lámina anual de 1,404.5 milímetros. A través del balance hídrico se obtuvieron resultados de disponibilidad hídrica superficial y subterránea, la escorrentía representa el 11% del balance hídrico ($104,030,409 \text{ m}^3/\text{año}$) y el agua subterránea corresponde al 36% del balance hídrico ($360,712,305 \text{ m}^3/\text{año}$), haciendo un total de $464,742,714 \text{ m}^3/\text{año}$ que representa el 47% del balance hídrico general de la subcuenca. En relación a la lámina y volúmenes totales anuales de recarga hídrica por hectárea la subcuenca se clasifica como zona de recarga hídrica baja. La mayor recarga hídrica se da en la parte más alta de la subcuenca que está dentro de la microcuenca del río San Jerónimo.

La estimación de la recarga hídrica de la subcuenca se realizó a través del análisis de sus características geológicas, edáficas y la actualización del uso del suelo como principal variable (la única variable que se puede manejar en una cuenca hidrográfica), así como la climatológicas del área sujeto a estudio.

La subcuenca es importante debido a que el recurso hídrico es utilizado para diferentes actividades; principalmente para el consumo humano, agrícolas, pecuarias, industrial, comercial, turismo y energético; por ser Baja Verapaz departamento dentro del Corredor Seco del país, ha sido priorizada por diferentes programas y/o proyectos de gobierno y no gubernamentales, principalmente por los efectos de cambio climático que afecta a la agricultura (principalmente producción de granos básicos para consumo) de las comunidades rurales de infra y subsistencia provocando inseguridad alimentaria y nutricional en ese sector de la población la cual presenta mayor vulnerabilidad.

II. MARCO TEORICO.

2.1 ANTECEDENTES.

Existen muchos estudios de recarga hídrica que se han realizado en el país (ver cuadro en el anexo 2.), los cuales pueden ser una herramienta inicial para el manejo de los espacios hidrográficos, lamentablemente estos no se han utilizado para ningún proyecto de cuencas en el país. En el departamento de Baja Verapaz se han realizado varios estudios en diferentes microcuencas, siendo ellas de suma importancia como las principales abastecedoras del recurso hídrico a la sociedad de las cabeceras municipales, así también para comunidades que se encuentran dentro de las microcuencas.

Las microcuencas que han sido sujetas a estudio de diferentes perspectivas de los recursos hídricos para el departamento son: Cachíl en Salamá; San Miguel o Dolores, San Miguel Chicaj; San Jerónimo en San Jerónimo; Pamacál, Belejeyá y Cotón en Granados; El Zope en Cubulco; Xesiguan en Rabinal; La Virgen en El Chol y Pancajoc en Purulhá estos estudios fueron realizados por el Programa Conjunto. De las microcuencas prioritarias para el estudio de la subcuenca Salamá las cuales son San Miguel (11,040 ha), Cachil (6,280 ha) y San Jerónimo (22,803 ha) se cuenta con los datos generales de las microcuencas como lo es: extensión, uso del suelo, clima, cantidad y calidad del agua, cobertura forestal, uso del agua, mapas de recarga hídrica y balance hídrico.

La subcuenca es un área de recarga hídrica importante para los municipios de Salamá, San Jerónimo y San Miguel Chicaj todos estos del departamento de Baja Verapaz. Por la oferta y suministro que esta brinda a los municipios que se encuentran dentro del área de estudio. Los temas relacionados con el agua afectan a todos los segmentos de la sociedad y a todos los sectores económicos. El crecimiento demográfico, el rápido proceso de urbanización e industrialización, la expansión de la agricultura y el turismo y el cambio climático, ejercen una presión cada vez mayor sobre el agua. Debido a esta creciente tensión, la gestión

adecuada de este recurso vital es de crucial importancia. Global Water Partnership (GWP, 2002) y International Network of Basin Organizations, (INBO, 2002).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Estado del Arte.

El estado del arte es el recorrido que se realiza – a través de una investigación de carácter bibliográfico con el objeto de conocer y sistematizar la producción científica en determinada área del conocimiento. Esta exploración documental trata de elaborar una lectura de los resultados alcanzados en los procesos sistemáticos de los conocimientos previos a ella. (Souza, 2007). Es importante el proceso de estado del arte al menos para dos cosas importantes:

- 1) para informarse del conocimiento que ya se produjo respecto de determinado tema.
- 2) para comenzar a recuperar las nociones, conceptos, teorías, metodologías y perspectivas desde las cuales se interrogará al objeto de investigación que está construyendo. (Souza, 2007).

La primera persona que realizó un estado del arte podríamos decir que fue Aristóteles en donde realiza una recopilación exhaustiva de información sobre el mundo distinguiendo entre ciencia, arte y experiencia. (Carramolino, 2009). El término “estado de la ciencia” es utilizado para aquellas disciplinas que buscan el conocimiento por el conocimiento. En cambio, utilizamos “estado del arte” para aquellas ciencias que tienen algún fin práctico. De cualquier modo, en ocasiones se utilizan indistintamente los términos estado del arte, de la ciencia o de la cuestión. (Carramolino, 2009).

2.2.2 Ciclo hidrológico.

El concepto de ciclo hidrológico es un punto útil, aunque académico, desde el cual comienza el estudio de la hidrología. Este ciclo se visualiza iniciándose con la evaporación del agua de los océanos. El vapor de agua resultante es transportado por las masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas el vapor se condensa para formar las nubes, las cuales, a su vez, pueden transformarse en precipitación. La precipitación que cae sobre la tierra se dispersa de diversas maneras. La mayor parte de ésta es retenida temporalmente por el suelo, en las cercanías del lugar donde cae, y regresa eventualmente a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción de agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo o a través de éste hasta alcanzar los canales de las corrientes. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para hacer parte del suministro de agua subterránea. (Linsley, 1998).

Bajo la influencia de la gravedad, tanto la escorrentía superficial como el agua subterránea se mueven cada vez hacia zonas más bajas y con el tiempo pueden incorporarse a los océanos. Sin embargo, una parte importante de la escorrentía superficial y del agua subterránea regresa a la atmósfera por medio de evaporación y transpiración, antes de alcanzar los océanos. (Linsley, 1998).

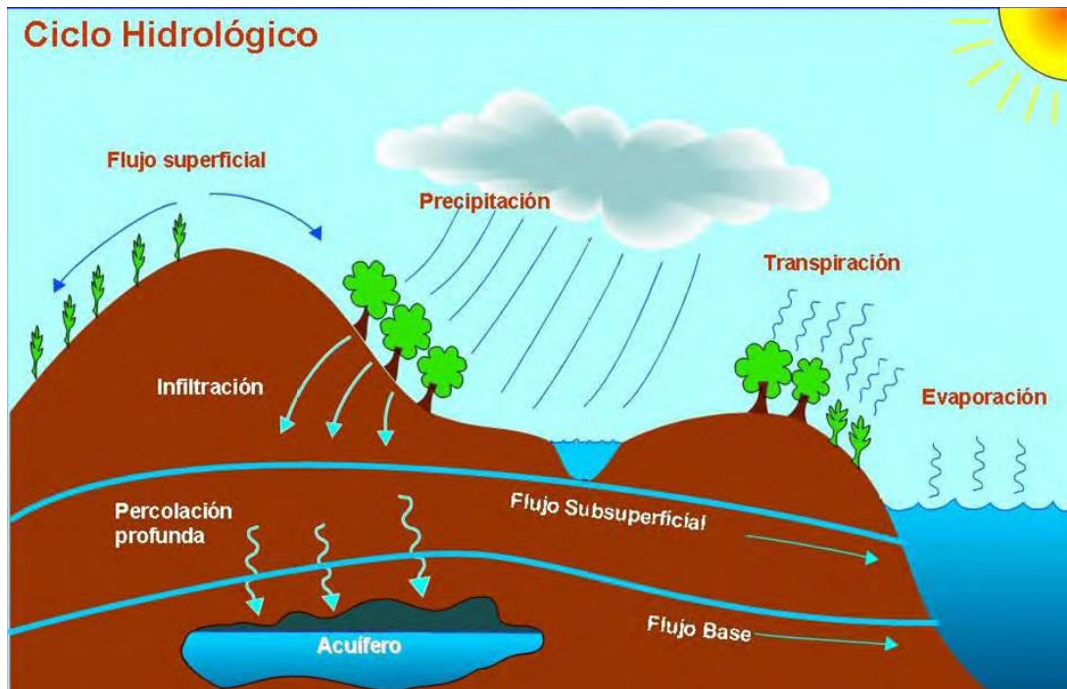


Figura 1. El Ciclo Hidrológico. Fuente: Citado por: (WWF/CARE Estudio Hidrológico Las Granadillas Rio Riachuelo, Zacapa 2010)

2.2.3 Hidrología.

Es el estudio del agua en todas sus formas, dentro o arriba de las áreas terrestres del globo, incluyendo su distribución, circulación y comportamiento, propiedades químicas y físicas y la reacción del medio ambiente, incluyendo el efecto de los seres vivos sobre el agua. (UICN, 2008). Parte de la geografía física que estudia el recurso agua en la naturaleza, su origen, distribución y propiedades. Ciencia que estudia el ciclo hidrológica del agua es sus tres estados: solido, líquido y gaseoso. Necesita de otras ciencias ligadas a la física del globo terrestre tales como climatología, geología, oceanografía, vulcanología y otras ciencias generales como la hidráulica y la estadística entre otras. (INSIVUMEH, 2010).

2.2.3.1 Hidrología forestal.

La hidrología forestal es una rama de la hidrología, que se encarga de la cubierta vegetal y la capa de suelo de las cuencas hidrográficas y el papel que desempeña esta capa de suelo vegetal en el ciclo hidrológico, incluyendo efectos en la erosión del suelo, calidad del agua y microclima. En este sentido, los hidrólogos forestales tratan de comprender la magnitud en que las actividades del hombre en el bosque alteran el ciclo hidrológico (González, 2011).

La hidrología forestal es aquella cuya área de estudio se centra en principio, en los montes, bosques o demás zonas naturales. Trata las relaciones entre agua, el suelo, la morfología del territorio y la vegetación dentro de una unidad de estudio denominada cuenca vertiente, resaltando el papel de la cubierta vegetal, y especialmente el bosque, como reguladora ya controladora en los procesos que se producen en dicha unidad. (Azarga y Navarro, 1995).

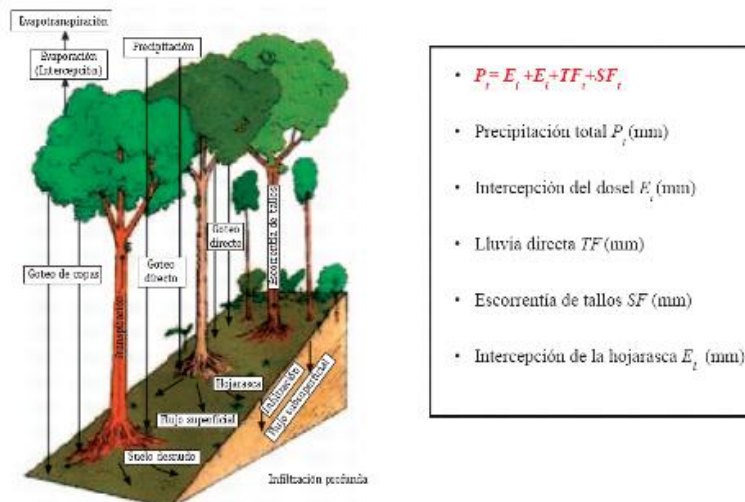


Figura 2: Ciclo Hidrológico del Bosque. Fuente: citado por (INAB, 2005).

2.2.3.2 Hidrología superficial.

La hidrología superficial se centra en los fenómenos acaecidos en la superficie de las tierras emergidas. (Martinez y Navarro, 1996)

2.2.3.3 Hidrología subterránea.

Es el agua que se desplaza por acción de la gravedad en el interior del suelo y ocupa el espacio poroso de las rocas que constituyen la corteza. Cuando en su movimiento descendente, alcanza un sustrato impermeable o una zona saturada, saturada a su vez complementa la zona suprayacente y constituye el agua subterránea propiamente dicha. Al agua que empapa el material de tierra subterránea se le llama agua subterránea. La tierra actúa como “esponja” con el agua subterránea llenando los espacios entre la tierra y las rocas. Se mueve lentamente, por lo general en pies por año. Un acuífero es una capa de arena, grava o roca porosa con suficiente agua para suministrar una cantidad útil. (Departamento de Medio Ambiente de Nuevo México, 2000).

La porosidad y estructura del suelo determina el tipo de acuífero y la circulación de las aguas subterráneas. El agua subterránea puede circular y almacenarse en el conjunto del estrato geológico: este es el caso de suelos porosos como arenosos, de piedra y aluvión. Puede circular y almacenarse en fisuras o fallos de las rocas compactas que no son en ellas mismas permeables, como la mayoría de rocas volcánicas y metamórficas. El agua corre a través de la roca y circula en fisuras localizadas y dispersas. Las rocas compactas de grandes fisuras o cavernas son típicamente calizas. (WaterTreatmentSolutions, 2007).

2.2.4 Cuenca hidrográfica.

La cuenca se define como el área natural en la cual es agua que cae por precipitación se une para formar un curso principal. En forma general se puede definir como el área drenada por un río. (Instituto Nacional de Bosques, INAB 2005).

En términos sencillos, una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proviene de precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o “divisorias de agua” se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. (B. Ramakrishna, 1997).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o de parte de ella. (B. Ramakrishna, 1997).

2.2.4.1 Cuencas, subcuencas y microcuencas.

En los esquemas normales de jerarquización de cuencas, se suele hablar de cuencas para referirse a aquellas áreas que drenan por un curso de agua que desemboca en cuerpos de agua (océanos, mares o lagos). Se habla de subcuencas para referirse a los territorios que drenan por cursos de agua que desembocan en el curso principal de una cuenca, o sea la cuenca se subdivide en subcuencas que corresponden a los cursos de agua que terminan en el curso

principal. A partir de aquí la designación se torna confusa ya que el tamaño variadísimo de las cuencas y subcuencas hace difícil.

2.2.4.2 Subcuenca hidrográfica.

Está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas (Saavedra, 2003). Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas (Aparicio, 1992).

2.2.4.3 Microcuenca hidrográfica.

Es un área de tierra delimitada por partes altas, conformadas por montañas y montes. En la microcuenca las aguas de lluvia se unen y forman arroyos y ríos (FAO, 2007). Las microcuencas como área de planificación y acción permiten planificar de forma integrada las acciones de recuperación y conservación de los recursos naturales (suelo, agua, bosque y biodiversidad) (FAO, 2007).

2.2.4.4 Tipos de cuencas.

Por el sistema de drenaje y su conducción final, las cuencas hidrográficas pueden ser:

a. Arréicas.

Cuando no logran drenar a un río, mar o lago, sus aguas se pierden por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo (Saavedra, 2003).

b. Criptorréicas.

Cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos (Saavedra, 2003).

c. Endorreica.

El punto de salida está dentro de los límites de la cuenca, generalmente es un lago (Aparicio 1992).

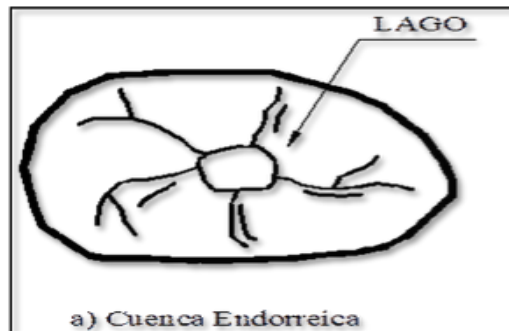


Figura 3: Cuenca endorreica. Fuente: (Aparicio 1992).

d. Exorreica.

El punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. (Aparicio, 1992)



Figura 4: Cuenca Exorreica. Fuente: (Aparicio 1992).

2.2.5 Recarga hídrica.

Es el proceso que permite que el agua alimente un acuífero. Este proceso ocurre de manera natural cuando la lluvia se filtra hacia un acuífero a través del suelo o roca. El área o zona donde ocurre la recarga se llama zona de recarga (INAB 2005).

Se define como el proceso donde el flujo de agua desciende en el suelo, hasta alcanzar el nivel freático, incrementando el agua almacenada. Es decir, es el volumen de agua que entra en un embalse subterráneo durante un período de tiempo, a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua (WWF 2007).

La recarga natural es el volumen de agua que entra en un embalse subterráneo durante un período de tiempo, a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua. Es equivalente a la infiltración eficaz, (Custodio y Llamas 2001).

2.2.6 Factores que afectan la recarga hídrica.

La oportunidad de infiltración de agua en un suelo depende en mucho de la condición del suelo (textura, estructura, porosidad), su contenido de humedad, de la duración de la lluvia, patrón de drenaje en la cuenca, su geología, capas impermeables y profundidad de mantos acuíferos. (Avalos, 2008). Dentro del balance hídrico los factores que se consideran son la precipitación, igual a entrada evapotranspiración real y retención o intercepción pérdidas, escorrentía y recarga hídrica oferta o disponibilidad.

2.2.6.1 Estratigrafía geología.

Es de gran importancia conocer la geología y estratigrafía de la zona, es decir conocer la disposición de los diferentes materiales geológicos, ya que estos pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica, por ejemplo, puede existir una cuenca cuyas características climáticas, de suelo y de cobertura vegetal favorezcan la infiltración de agua en el suelo, pero si existe una capa de material impermeable, no permitirá el paso del agua a mayor profundidad, y se generará un flujo subsuperficial que alimentará un río o cauce cercano y no recargará un acuífero. (Avalos, 2008).

2.2.6.2 Suelo.

El suelo influye en la recarga mediante factores de: textura, densidad aparente y las constantes de humedad: Capacidad de Campo y Punto de Marchites Permanente.

a. Textura del suelo: La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla del mismo. La textura determina en gran parte la capacidad de retención de agua, el movimiento de agua en el suelo y la cantidad de agua disponible a las plantas. (Sandoval, 1989).

b. Densidad aparente: La densidad aparente de un suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, se expresa en gramos por cm³. (Sandoval, 1989).

c. Constantes de humedad: El componente líquido en el suelo es generalmente, el agua, que al atravesar la superficie del terreno se distribuye por

él, quedando sometida a diferentes fuerzas, de cuya intensidad depende el menos o mayor grado de fijación al material sólido. También existe agua formando parte de la composición química de las rocas y agua en forma de vapor. (Noriega, 2005).

c.1. Capacidad de campo: se define a la capacidad de campo como el contenido de que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado. O sea que es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad. (Sandoval, 1989). La tensión a la cual el agua está retenida en un suelo libre de sales cuando se está a capacidad de campo varía entre 1/10 de atmósfera para suelos arenosos y 1/3 de atmósfera para suelos arcillosos, aunque se han encontrado suelos arenosos en los cuales la tensión es de 0.06 de atmósfera y suelos en los cuales la tensión es de 0.07 de atmósfera (Maldonado, 2004).

c.2. Punto de marchités permanente: Se define como el porcentaje o contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. (Sandoval, 1989).

d. Topografía: La inclinación del terreno tiene mucha relación con la recarga de una cuenca porque determina el tiempo de contacto del agua con la superficie del suelo. En condiciones de baja pendiente el agua tiene más oportunidades de infiltrar, ya que se disminuye la escorrentía y se aumenta el tiempo de contacto, por el contrario en condiciones de elevadas pendientes, el agua adquiere velocidad, provocando mucha escorrentía y disminuyendo significativamente el tiempo de contacto con la superficie del terreno y la oportunidad de infiltrar. (Noriega, 2005).

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

2.2.6.3 Cobertura Vegetal.

La cobertura vegetal participa en la recarga de un acuífero principalmente en dos aspectos: la profundidad de raíces y la intercepción vegetal o retención.

a. Intercepción vegetal o retención: Gran cantidad de lluvia que cae durante la primera parte de una tormenta es depositada en la cobertura vegetal como intercepción. Aun cuando el efecto de la cobertura no tiene mayor importancia en las avenidas más grandes, la intercepción debida a algunos tipos de vegetación puede representar una porción considerable de la lluvia anual. (Noriega, 2005).

La capacidad de almacenamiento por intercepción es generalmente satisfecha en las primeras horas de una tormenta, de manera que un alto porcentaje de la lluvia durante las tormentas de corta duración es interceptada. Después de que la vegetación esté saturada, la intercepción cesará a no ser porque una cantidad apreciable de agua puede evaporarse a partir de la enorme superficie mojada de la vegetación. (Avalos, 2008).

b. Profundidad de raíz: La profundidad de la zona radicular determina en gran parte la lámina de agua aprovechable por los cultivos. Depende del tipo de cultivo, condiciones del suelo y clima. Para la mayoría de plantas las raíces que absorben agua se encuentran dentro de los primeros 30 cm de suelo. El factor de cobertura vegetal, específicamente la profundidad de raíces debe ser basada en

un mapa de uso de la tierra o de cobertura vegetal, donde se definen los diferentes tipos de cobertura que posee el área de estudio (Sandoval, 1989).

Cuadro 1: Profundidad de raíz en cm, para diferentes usos de la tierra

Uso del Suelo	Bosque	Bosque – Cultivos Anuales	Cultivos Anuales - Hortalizas	Bosque - Café	Centro Poblado (pasto)	Centro Poblado (techos)	Matorral
Profundidad de Raíz (cm)	200	75	40	75	40	Impermeable	75

Fuente: citado por Avalos,2008.

2.2.6.4 Clima.

a. Precipitación: La precipitación es un fenómeno físico que consiste en la transferencia de volúmenes de agua, en sus diferentes formas (lluvia, nieve, granizo, etc.) De la atmósfera a la superficie terrestre. El proceso de generación de la precipitación involucra la humedad en la atmósfera la cual es influenciada por factores climáticos tales como el viento, la temperatura y la presión atmosférica. La humedad de la atmósfera es necesaria pero la precipitación no ocurre si no se tiene la suficiente condensación. (Castro, 2009).

b. Evapotranspiración: La evapotranspiración es la cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas, (Monsalve, 1999). No es fenómeno distinto a los descritos anteriormente, sino la suma de la evaporación y la transpiración, el término solo es aplicado correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación.

b1. Evapotranspiración real: Es la suma de las cantidades de vapor de agua generada por el suelo y transpirada por las plantas durante un período

determinado y bajo las condiciones meteorológicas y de humedad existentes en el suelo. El factor principal es la humedad del suelo, que puede retener una cantidad de agua conforme a su capacidad de retención específica, misma que es función del tipo de terreno. (Avalos, 2008).

b2. Evapotranspiración potencial: La evapotranspiración potencial se puede definir como la cantidad de agua transpirada en un tiempo determinado por un cultivo verde y de corta altura, el cual cubre por completo la superficie del suelo, posee una altura uniforme y no tiene limitaciones de agua en ningún momento, es decir, representa la cantidad máxima de agua que puede perder un área específica, cubierta completamente de vegetación, cuando el suministro de agua no presenta limitación alguna. La evapotranspiración potencial depende del poder evaporante del aire, el cual a su vez está determinado por factores como: la radiación solar, la temperatura, el viento y la humedad del aire. (Aparicio, 1992).

b.3. Métodos para la el cálculo de la evapotranspiración potencial: Métodos para la evaluación y cuantificación de la evapotranspiración. Hay varios métodos para estimar la evapotranspiración real y la evapotranspiración potencial, pero en la mayoría de los casos estos métodos individualmente no son aplicables en todos los problemas. Para la investigación a realizar se va a trabajar con el método de Hargreaves. (Avalos, 2008).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Descripción Biofísica

2.3.1.2 Extensión Territorial

La subcuenca cuenta con una superficie territorial de 70,469 hectáreas (704.69 kilómetros cuadrados); y ésta pertenece a la cuenca del río Chixoy. La parte alta pertenece al área protegida Sierra de las Minas, así como una pequeña porción de la superficie del área norte se encuentra el Biotopo del Quetzal. La subcuenca pertenece a la cuenca del río Chixoy (1,204,530 ha) de la vertiente del Golfo de México; la subcuenca del río Salamá ocupa el 5.85% de la cuenca del río Chixoy.

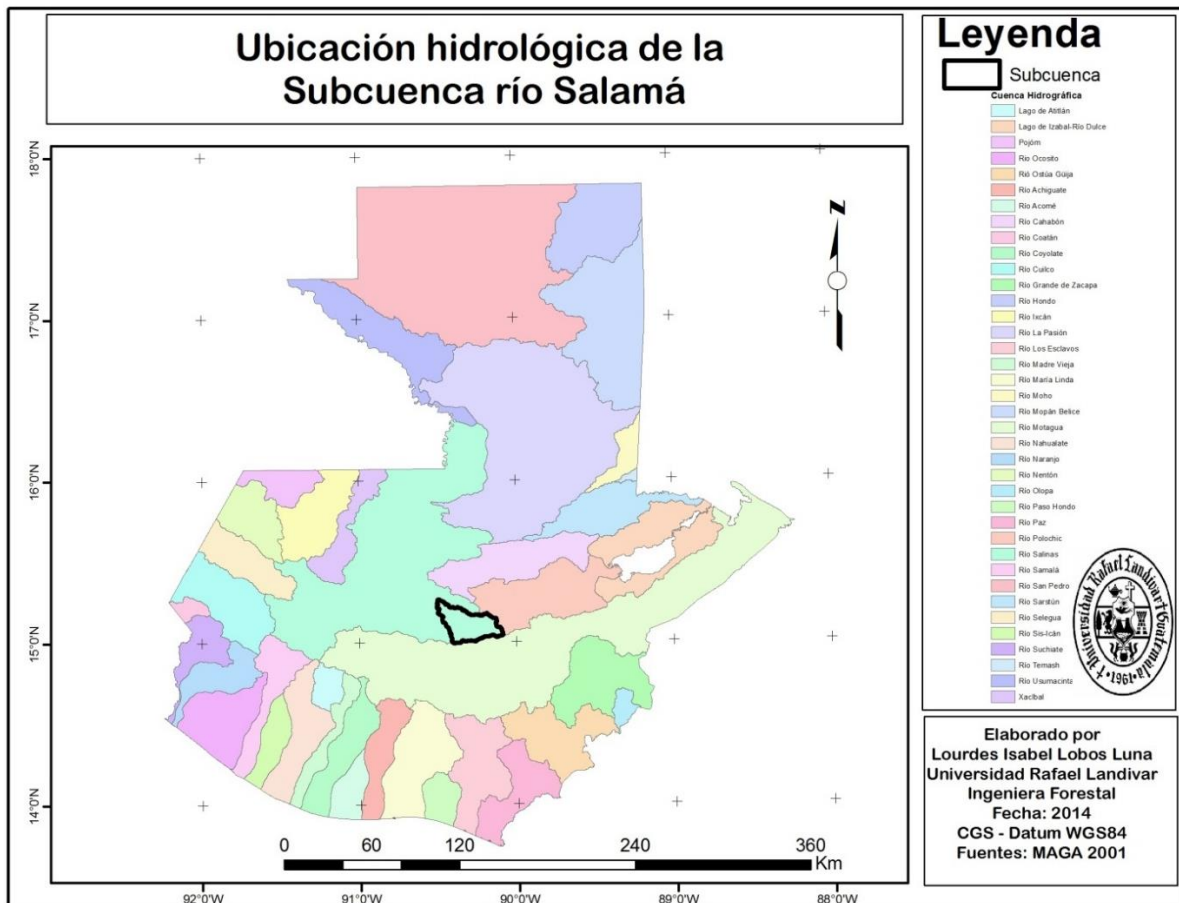


Figura 5: Mapa de Ubicación Hidrológica de la Subcuenca del río Salamá.

2.3.1.3 Ubicación Geográfica y Altitud

El área de estudio pertenece al departamento de Baja Verapaz, y una pequeña parte que abarca al municipio de Morazán, El Progreso.

La subcuenca del río Salamá, se encuentra en las Coordenadas Y 1689229 y 1660375, X 768540 y 813334, sus altitudes son de 800 msnm siendo esta la parte más baja de la subcuenca y la parte más alta 2,600 msnm.

2.3.1.4 Ubicación Administrativa y extensión

La Subcuenca del río Salamá está ubicada en el departamento de Baja Verapaz, principalmente cubriendo el área de tres municipios los cuales son: San Miguel Chicaj, Salamá y San Jerónimo; y una porción mínima del municipio de Rabinal y de Morazán el Progreso, su extensión es de 70,469 hectáreas (704.69 kilómetros cuadrados).

Cuadro2: Extensión municipal de la subcuenca rio Salamá.

No.	Departamento	Municipio	Área	%
1	El Progreso	Morazán	1,393	1.98
2	Baja Verapaz	Rabinal	3,496	4.96
3		Salamá	26,960	38.26
4		San Jerónimo	16,780	23.81
5		San Miguel Chicaj	21,840	30.99
			70,469	100.00

Fuente: Elaboración Propia, 2015. Con información generada por MAGA 2001.

Las áreas de los mapas temáticos más importantes para el estudio tienen diferencia debido al proceso o tratamientos (intersección, cortes y uniones) que se realizan con los sistemas de información geográfica. Para el mapa geológico y de

taxonomía de suelos la diferencia es menor de 0.01% y para el mapa de uso actual del suelo o cobertura vegetal 2010 es menor de 0.18%.

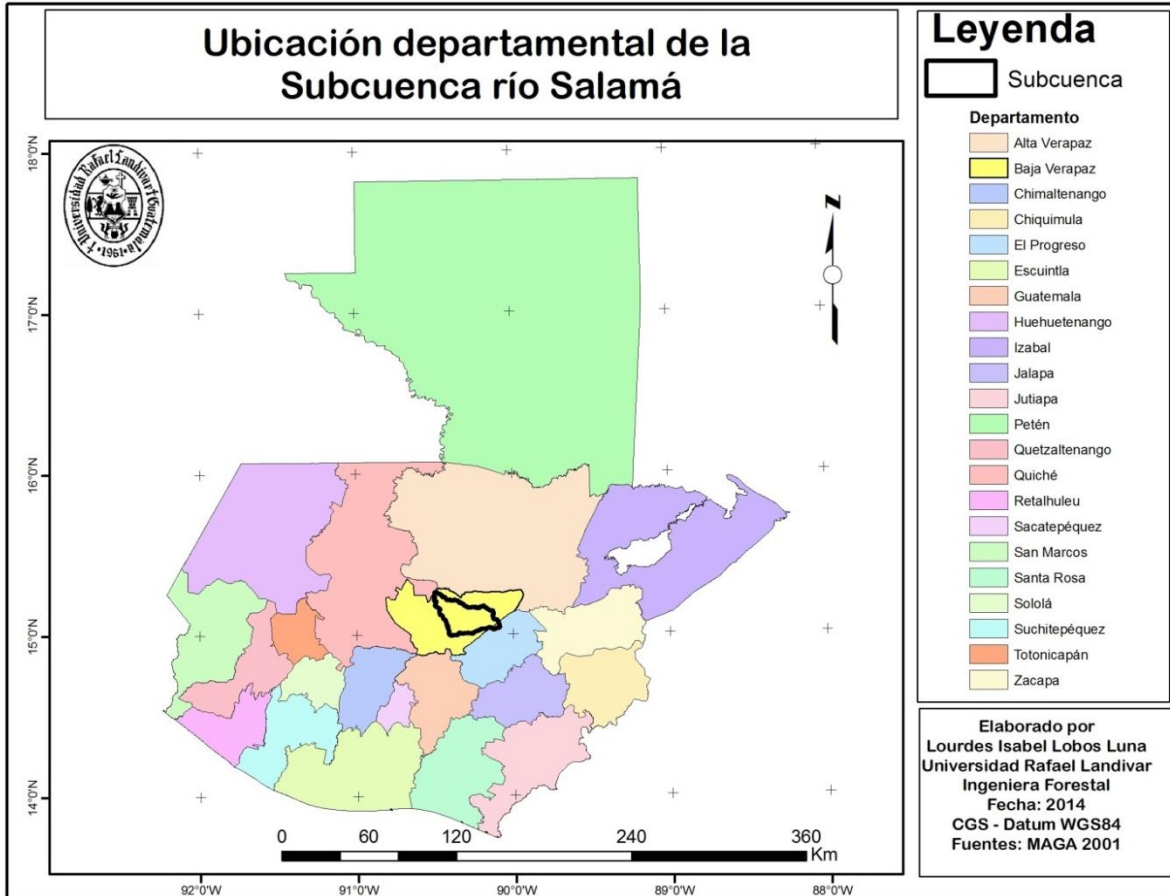


Figura 6: Mapa de Ubicación Departamental de la Subcuenca del río Salamá.

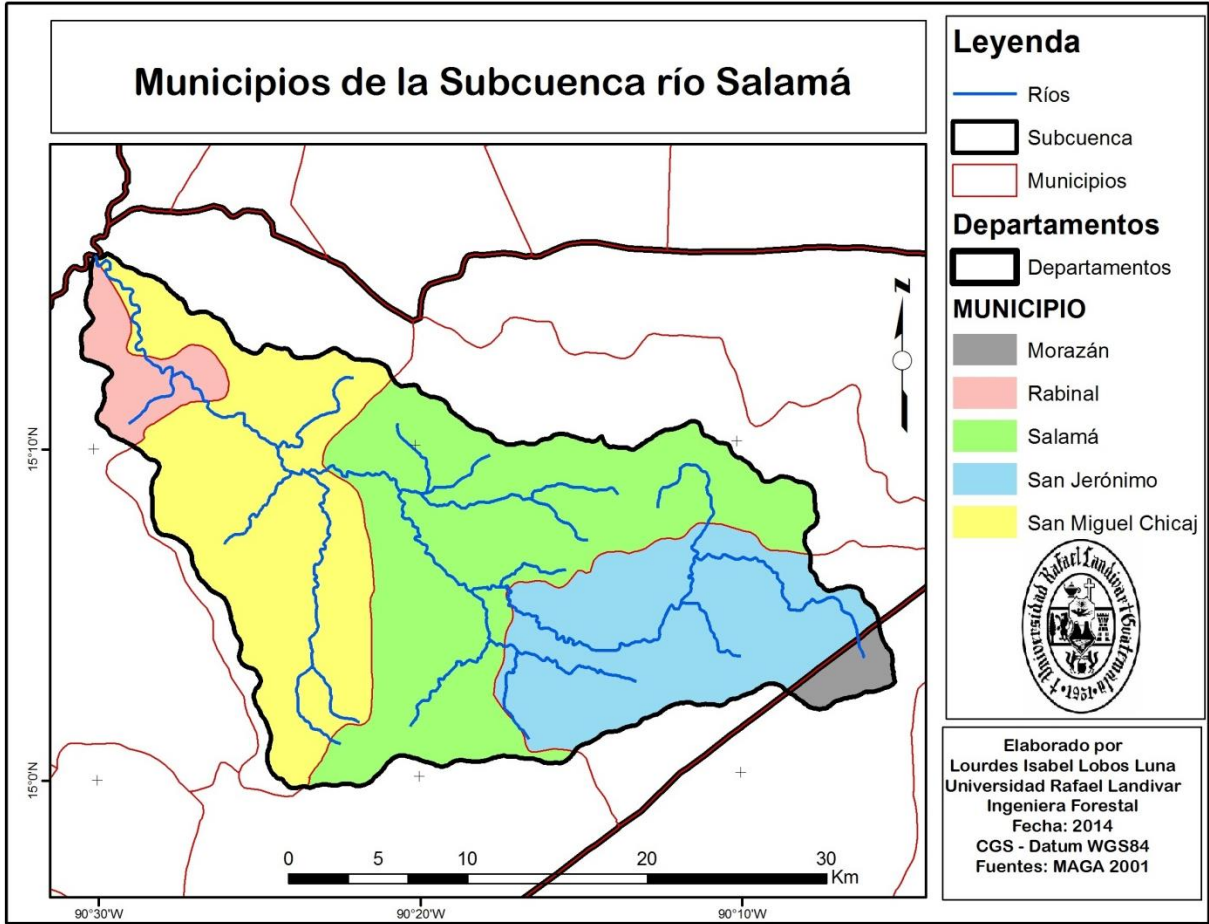


Figura 7: Mapa Ubicación Municipal de la Subcuenca del río Salamá.

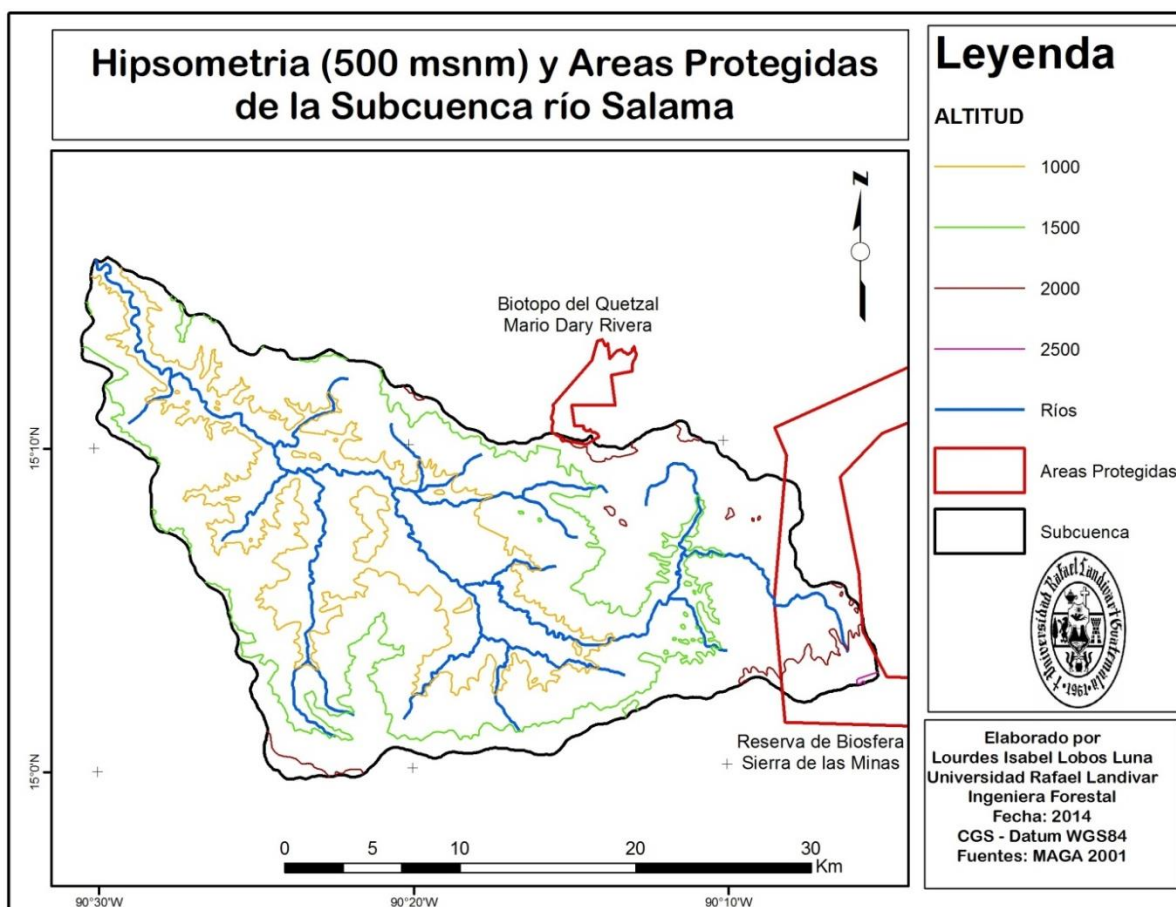


Figura 8: Mapa Hipsométrico y de Áreas Protegidas de la subcuenca del río Salamá.

2.3.1.5 Geología

La Subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz presenta ocho unidades geológicas (SIG – MAGA 2001), dividida en Rocas Sedimentarias e Ígneas y Metamórficas.

- a. **Rocas Sedimentarias del Carbonífero Pérmico (CPsr):** Grupo Santa Rosa (lulitas, areniscas, conglomerados y filitas). Formación Santa Rosa, Sacapulas, Táctic y Macal. Su extensión en la subcuenca es de 7,809.61 Hectáreas, esto equivale a 11.08% de la extensión total de la Subcuenca.

- b. Rocas Ígneas y Metamórficas del Terciario (I):** Rocas Plutónicas sin dividir incluye Granitos y Dionitas de edad pre-Pérmico, Cretácico y Terciario. Esta unidad geológica cubre un 2.77% en la subcuenca, este porcentaje representa una superficie de 1,954.38 Hectáreas.
- c. Rocas Sedimentarias Jurásico – Cretácico (JKts):** Formación Todos Santos, Jurásico superior Neocomiano (capas rojas). Incluye formación San Ricardo. Está presente con 2,338.09 hectáreas, ocupando el 3.32 %
- d. Rocas Sedimentarias del Cretácico (Ksd):** Carbonatos Neocomiano-Camapanianos. Incluye Formación Cobán, Ixcoy, Campur, Sierra Madre y Grupo Yojoa. Unidad geológica presente con 1,691.61 hectáreas, y representa 2.40%.
- e. Rocas Sedimentarias Del Cretácico Terciario (Kts):** Formación Sepor, Campaniano-Eoceno, Predominantemente sedimentos clásicos marinos. Incluye formación Toledo, Reforma y Cambio,y Grupo Verapaz. Es la unidad geológica presente en la subcuenca más pequeña con una extensión territorial de 142.63 hectáreas correspondiente a 0.20%.
- f. Rocas Ígneas y Metamórficas del Terciario (Pi):** Rocas ultra básicas de edad desconocida. Predominantemente sepiñinitas. En parte Pre-Mestrichtrano en edad. Segunda unidad geológica más grande su porcentaje de cobertura dentro de la subcuenca es de 16.8%, esto representa 11,837.46 hectáreas.
- g. Rocas Ígneas y Metamórficas del Paleozoico (Pzm):** Rocas metamórficas sin dividir. Filitas, esquistos cloríticos y granatíferos, esquistos y gneises de cuarzo-mica-feldespato, mármol y magmatitas. esta es la unidad geológica con mayor presencia dentro de la unidad de estudio,

abarca a la subcuenca con un 48.13% correspondiente a 33,916.33 hectáreas.

- h. Rocas Ígneas y Metamórficas del Cuaternario (Qp):** Rellenos y Cubiertas gruesas de Cenizas, pómez de orígenes diversos. Unidad con extensión territorial de 10,771.40 hectáreas, cubriendo un 15.29% del área de estudio.

Cuadro 3: Unidades Geológicas de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

No.	Geología	Símbolo	Area Ha	%
1	Rocas Sedimentarias del Carbonífero Pérmico	CPsr	7809.61	11.08
2	Rocas Ígneas y Metamórficas del Terciario	I	1954.38	2.77
3	Rocas Sedimentarias Jurásico – Cretácico	JKts	2338.09	3.32
4	Rocas Sedimentarias del Cretácico	Ksd	1691.61	2.40
5	Rocas Sedimentarias Del Cretacico Terciario	Kts	142.63	0.20
6	Rocas Ígneas y Metamórficas del Terciario	Pi	11837.46	16.80
7	Rocas Ígneas y Metamórficas del Paleozoico	Pzm	33916.33	48.13
8	Rocas Ígneas y Metamórficas del Cuaternario	Qp	10771.40	15.29
		Total	70461.51	100.00

Fuente: Elaboración propia. Con Información del Mapa geológico de Guatemala, generada por MAGA, 2001.

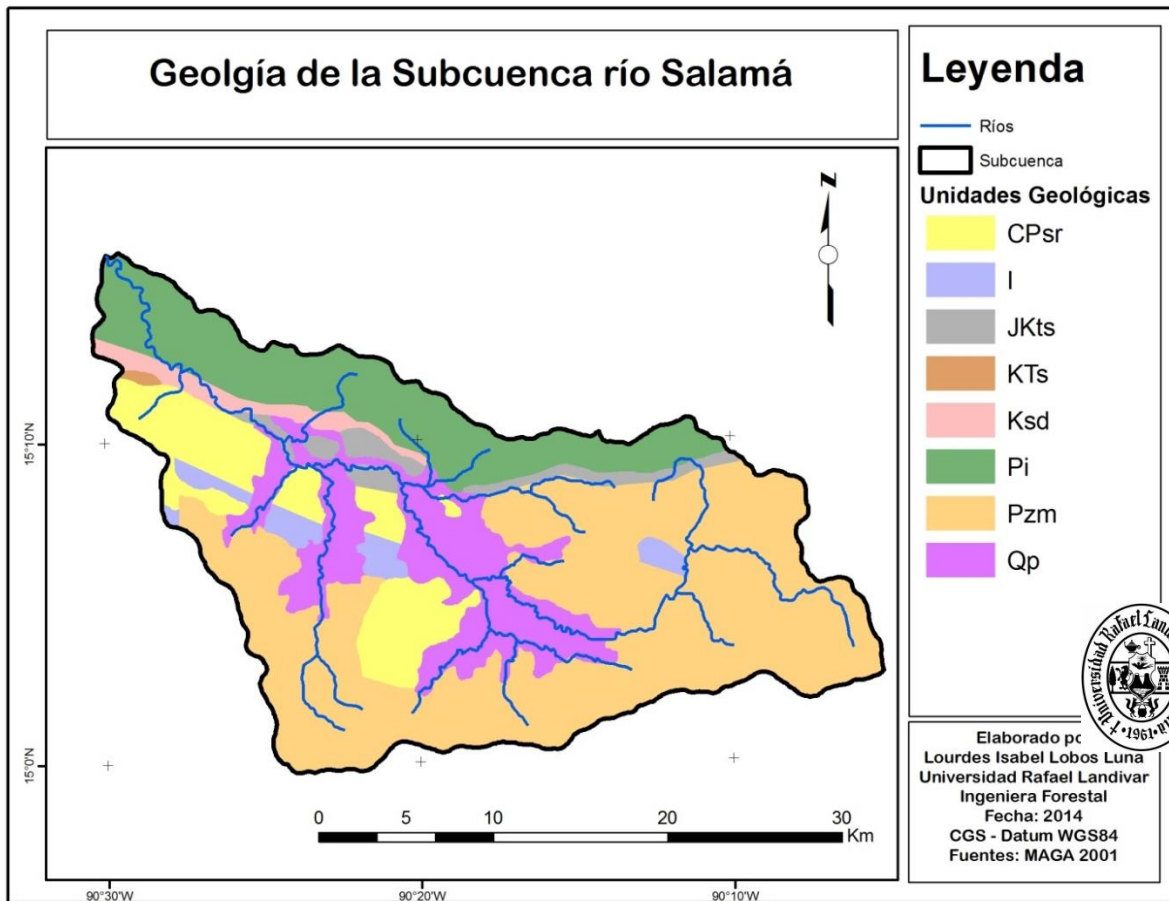


Figura 9: Mapa Geológico de la Subcuenca del río Salamá.

2.3.1.6 Suelos

Según el mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000; elaborado por Ing. Agr. Hugo Tobías e Ing. Agr. Estuardo Lira con apoyo de la Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA), Programa de Emergencia por Desastres Naturales (MAGA-BID) para el año 2000. En la Subcuenca se estableció que están presentes ocho subórdenes del suelo, agrupados en diferentes unidades edáficas los cuales a continuación se describen

A. Orden Andisol

Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0.9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. En condiciones de fuerte pendiente tienden a erosionarse con facilidad. Una característica de los andisoles es su alta retención de fosfatos (arriba del 85%), la cual es una limitante para el manejo, por lo que se debe considerar en los planes de fertilidad cuando se someten a actividades de producción agrícola.

a. Suborden Udands (Dd)

Andisoles que no están secos en su interior, por más de 90 días en el año. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. Suelos con alto potencial para la agricultura, pero deben considerarse las limitantes que presentan en términos generales los andisoles y en este caso debe agregarse el riesgo de erosión hídrica, como consecuencia de la alta pluviosidad en los lugares donde están presentes estos suelos.

B. Orden Entisol (Ent)

Suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de su perfil y, por consiguiente, de los horizontes genéticos. El poco desarrollo es debido a condiciones extremas, tales como, el relieve (el cual incide en la erosión o, en su defecto, en la deposición superficial de materiales minerales y orgánicos) y, por otro lado, las condiciones como el exceso de agua. De acuerdo al relieve, estos suelos están presentes en áreas muy accidentadas (Cimas de montañas y volcanes) o en partes planas.

a. Suborden Orthents (Eo)

Suelos de profundidad variable, la mayoría son poco o muy poco profundos. Generalmente están ubicados en áreas de fuerte pendiente, existen también en áreas de pendiente moderada a suave, en dónde se han originado a partir de deposiciones o coluviamientos gruesos y recientes. Una gran cantidad de Orthents en Guatemala, no son apropiados para actividades agrícolas, sobre todo cuando están en superficies inclinadas. Entre sus limitaciones están: la poca profundidad efectiva, en muchos casos la pedregosidad interna y los afloramientos rocosos. Si han perdido su cubierta natural, sus mejores usos serán para producción forestal o sistemas agroforestales.

b. Suborden Psamments (Ep)

Son los Entisoles más arenosos, que se encuentran en superficies poco inclinadas y con menos del 35% de fragmentos rocosos. Generalmente se encuentran en las áreas más cercanas a los ríos o en áreas de actividad volcánica muy reciente. A diferencia de los Fluvents, los Psamments no tienen capas deposicionales de materiales minerales en su interior. En muchas áreas, están cubiertos con bosque de galería, y en otros casos están cultivados y forman parte de lo que los agricultores llaman los suelos de vega. En los casos que se dispone de agua en abundancia pueden ser bastante productivos, puesto que tienen poca retención de humedad. La pedregosidad muchas veces es una limitante para la producción. Por su naturaleza arenosa, en muchos casos su contenido orgánico es muy bajo y su fertilidad se ve afectada.

C. Orden Inceptisol

Suelos incipientes o jóvenes, sin evidencia de fuerte desarrollo de sus horizontes, pero son más desarrollados que los entisoles. Son suelos muy abundantes en diferentes condiciones de clima y materiales originarios.

a. Suborden Usteps (Ps)

Son inceptisoles que están secos en su interior, entre 90 y 180 días del año. Presentan deficiencia de humedad. Se les encuentra localizados en las regiones con menor lluvia. Para su manejo adecuado, requieren de la aplicación de agua para producción de más de una cosecha de cultivos anuales o de ciclo corto.

D. Orden Mollisol (oIl)

Suelos con un horizonte superficial grueso, oscuro, generalmente con alto contenido de materia orgánica y una alta saturación de bases (mayor del 50%). Son suelos bastante fértiles, y por sus características físicas y químicas, generalmente son muy buenos suelos para la producción agrícola. Es común encontrarlos en relieves planos o casi planos, lo que favorece su mecanización. Sin embargo, se debe de planificar su aprovechamiento, para que este sea sostenible.

a. Suborden Ustolls (Ms)

Mollisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad. Al igual que los Udolls, estos suelos son muy buenos para la agricultura, sin embargo, se ven limitados por la deficiencia de humedad, factor que se debe de considerar la suplementación del agua para actividades productivas en la mayor parte del año.

E. Orden Alfisol (alf)

Suelos con un horizonte interno que tiene altos contenidos de arcilla con relación a los horizontes superficiales, además presentan alta saturación de bases (mayor de 35%). Los alfisoles son suelos maduros con un grado de desarrollo avanzado, pero que todavía tienen un alto contenido de bases en los horizontes interiores.

a. Suborden Ustalfs (Ls)

Alfisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan déficit de humedad. Al igual que los Udalfs, ofrecen buenas condiciones para la producción agropecuaria, pero en caso de actividades agrícolas, se requiere de la suplementación de agua, para tener cultivos con más de una cosecha por año.

F. Orden Inceptisol

Suelos incipientes o jóvenes, sin evidencia de fuerte desarrollo de sus horizontes, pero son más desarrollados que los entisoles. Son suelos muy abundantes en diferentes condiciones de clima y materiales originarios.

a. Suborden Udepts (Pd)

Inceptisoles que no están secos en su interior por más de 90 días. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. Generalmente presentan buenas condiciones para actividades productivas, pero cuando se encuentran en regiones de alta pluviosidad, demandan reposición de nutrientes para hacerlos productivos.

G. Orden Ultisol

Estos son suelos que normalmente presentan una elevada alteración de sus materiales minerales. Presentan un horizonte interior con alto contenido de arcilla (argílico) el cual tiene baja saturación bases (menor de 35%). La mayor parte de los ultisoles son suelos pobres debido al lavado que han sufrido. Por sus niveles de productividad que son muy bajos, demandan tecnologías no convencionales y ser manejados en forma extensiva, pero no con cultivos o actividades productivas exigentes en nutrientes.

a. Suborden Udult (Ud)

Suelos que están secos en su interior entre 90 y 180 días del año. Presentan déficit de humedad. Manejando convenientemente su fertilidad natural y con

técnicas adecuadas para controlar la erosión, pueden desarrollarse actividades productivas, siempre que sean de naturaleza extensiva.

H. Orden Vertisol

Suelos con altos contenidos de arcilla expandible desde la superficie. Se caracterizan por formar grietas profundas en todo el perfil, las cuales se observan principalmente en la época seca. Cuando están húmedos o mojados se vuelven muy plásticos. Generalmente, son suelos con alto potencial de fertilidad en la producción agrícola, pero tienen limitantes en lo que se refiere a su labranza, porque cuando están secos son muy duros y como ya se indicó, cuando están mojados son muy plásticos. Se recomienda manejar el contenido de humedad para controlar las limitantes físicas mencionadas. Casi siempre ocupan relieves planos o bien suaves a moderadamente ondulados.

a. Suborden Usterts (Vs)

Vertisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad. Su principal problema es la falta de humedad la mayor parte del año, por lo que si se quieren manejar agronómicamente, se debe considerar este factor, lo que además implica que sean muy duros y difíciles de penetrar con instrumentos de labranza. Si se planifica la suplementación de agua con riego, debe estimarse convenientemente las láminas o volúmenes de riego, puesto si el riego es excesivo, se corre el riesgo de salinización.

Cuadro 4: Taxonomía de suelos en unidades de mapeo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

No.	Unidad	Subordenes	Área Ha	%
1	Dd	Udands	1,103.59	1.57
2	Eo	Orthents	3,975.30	5.64
3	EoEp	OrthentsPsamments	2,472.37	3.51
4	EoPs	OrthentsUsteps	17,180.96	24.38
5	PsEoMs	UstepsOrthentsUstolls	4,593.41	6.52
6	PsLs	UstepsUstalfs	16,672.60	23.66
7	UdPd	UdultsUdepts	20,999.23	29.80
8	Vs	Usterts	3,464.06	4.92
	Total		70,461.51	100

Fuente: Elaboración propia, 2015. Con Información Obtenida del Mapa Taxonómico de suelos Elaborado por MAGA.

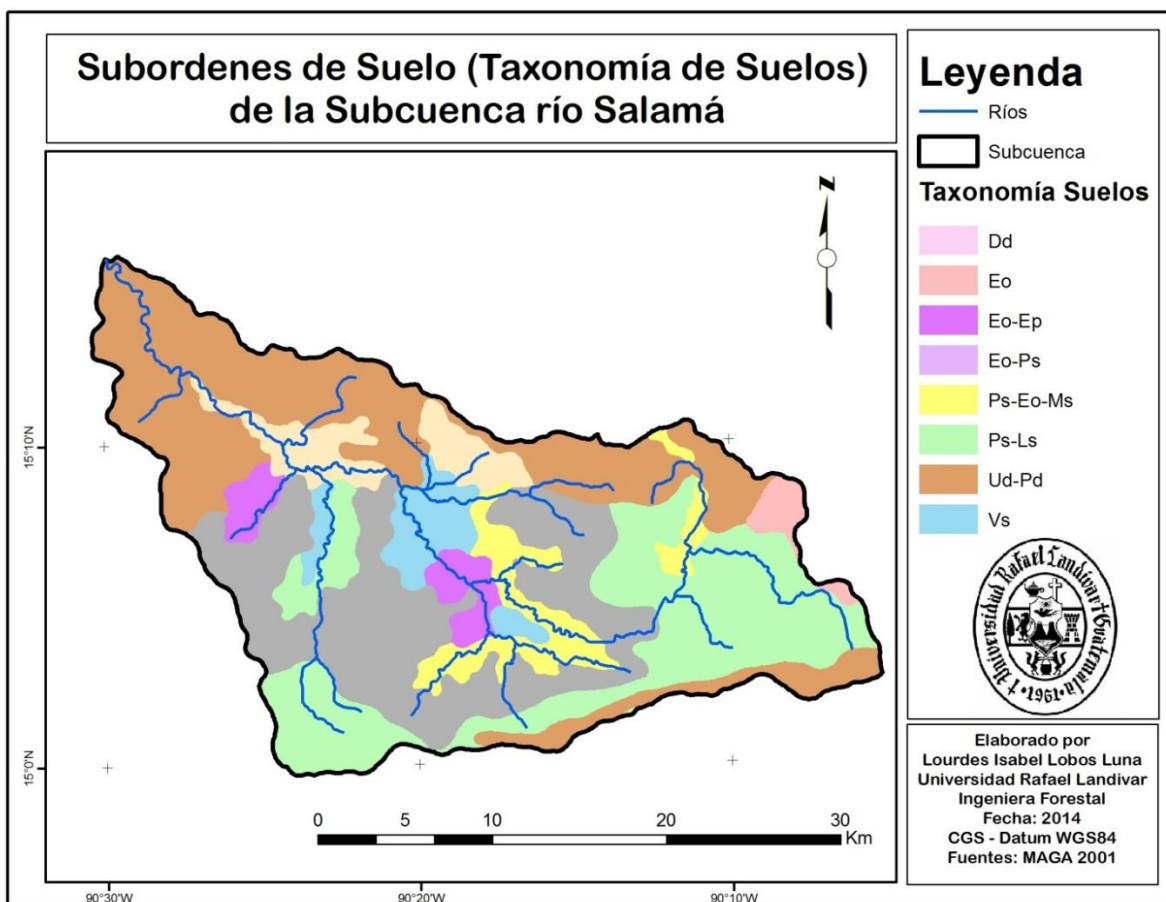


Figura 10: Mapa Taxonómico de la Subcuenca del río Salamá.

2.3.1.7 Uso de suelo y Cobertura Vegetal

De acuerdo con las actividades realizadas dentro de la subcuenca y con la elaboración del mapa de uso de suelo y cobertura vegetal, se obtuvieron 31 diferentes categorías de uso como de cobertura vegetal, el 29.94% de la totalidad del área de la subcuenca lo ocupa la vegetación arbustiva baja, con 21,060.56 hectáreas, seguidamente de pasto natural con 11,647.35 hectáreas equivalentes al 16.56%, y con unidades de áreas más bajas bosques de coníferas y los bosques mixtos con 10,330.25 hectáreas (14.69%) y 7,966.78 hectáreas (11.33%) respectivamente. El uso de suelo y la cobertura vegetal son unos de los indicadores para poder determinar la recarga hídrica de la subcuenca, no se toman en cuenta los usos que no intervienen el proceso de recarga hídrica natural. Como los son: los Tejidos Urbanos, Zonas de extracción minera, instalaciones deportivas, rocas o lava y ríos, entre otras.

Cuadro 5: Uso del suelo o cobertura vegetal del suelo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

No.	Uso del suelo y cobertura vegetal 2010	Área Ha	%
1	Arboles dispersos	1,713.96	2.44
2	Áreas Turísticas y Arqueológicas	3.06	0.00
3	Bosque Conífero	1,0330.25	14.69
4	Bosque Latifoliado	1,232.48	1.75
5	Bosque Mixto	7,966.78	11.33
6	Café	65.93	0.09
7	Café y Banano	14.99	0.02
8	Cementerio	9.58	0.01
9	Cítricos	90.23	0.13
10	Conífera (plantación)	2,127.58	3.02
11	Espacio c/vegetación escasa	8.94	0.01
12	Flores y follajes	244.43	0.35
13	Granos Básicos	5,850.21	8.32
14	Hospital	1.64	0.00
15	Instalación deportiva y recreativa	61.04	0.09
16	Lago, lagunas o laguneta	24.36	0.03

17	Lotificaciones	33.61	0.05
18	Manía	390.05	0.55
19	Otras hortalizas	2,508.38	3.57
20	Otros cultivos permanentes arbóreos	175.81	0.25
21	Papaya	19.19	0.03
22	Pasto cultivado	56.78	0.08
23	Pasto natural	11,647.35	16.56
24	Pista aterrizaje	0.84	0.00
25	Playas, dunas o arenales	3.69	0.01
26	Ríos	237.88	0.34
27	Rocas o lavas	304.84	0.43
28	Tejido urbano continuo	774.22	1.10
29	Tomate	3375.97	4.80
30	Vegetación arbustiva baja	21,060.56	29.94
31	Zonas de extracción minera	9.23	0.01
	Total	70,343.85	100.00

Fuente: Elaboración propia 2015. Con Información Generada del mapa de Uso del suelo y Cobertura Vegetal 2010.

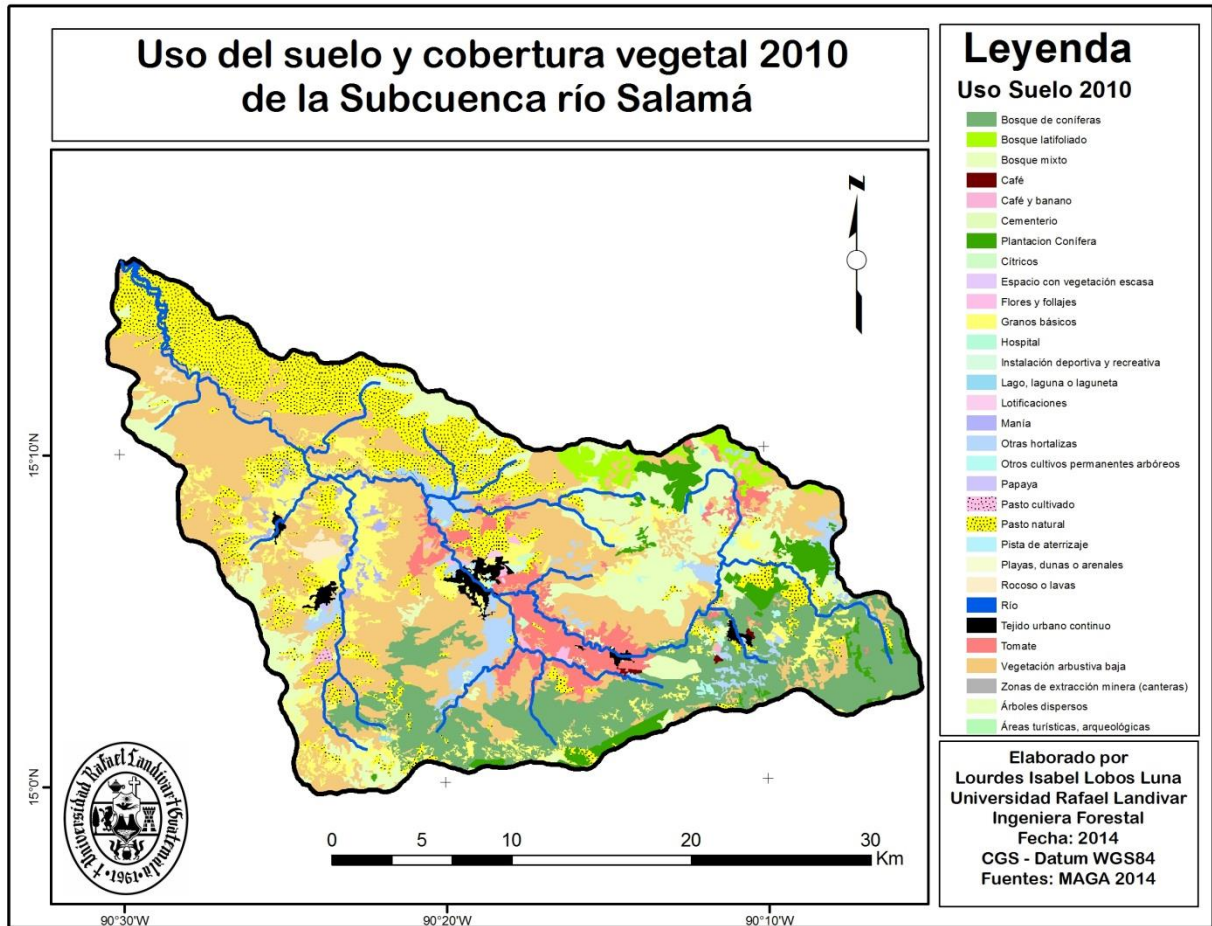


Figura 11: Mapa de uso del suelo y Cobertura Vegetal 2010 de la Subcuenca del río Salamá.

La cobertura forestal de la subcuenca representa un 33% de su extensión, esto representa 23,371 hectáreas. Esto se divide en varias categorías de uso y/o cobertura, las cuales se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 6: Cobertura Forestal de la subcuenca del Río Salamá, Baja Verapaz.

Uso de suelo o cobertura Vegetal	Área (há)	%
Arboles Dispersos	1713.96	2.44
Bosque Conífero	10,330.25	14.69
Bosque Latifoliado	1,232.48	1.75
Bosque Mixto	7,966.78	11.33
Conífera Plantación	2,127.58	3.02
Total:	23,371.05	33.23

Fuente: Elaboración propia, 2015.

La cobertura forestal que tiene la subcuenca es del 33% esto corresponde a 23,371 hectareas. El 9% de la cobertura forestal de la subcuenca lo representan las plantaciones de coníferas, y los arboles dispersos representan el 7% del total de la cobertura forestal de la subcuenca.

2.3.1.8 Zonas de Vida

De acuerdo la información generada por el Instituto de Agricultura, Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Rafael Landívar (IARNA URL 2012), el mapa elaborado para la clasificación de zonas de vida de la subcuenca, se reconocen cuatro zonas de vida: Bosque húmedo montano bajo Subtropical (bh-MBT), Bosque húmedo montano bajo Subtropical (bh-PMT), Bosque muy húmedo montano bajo Subtropical (bmh-MBT), esta zona de vida comprende el área más pequeña del área priorizada para la realización del estudio; la cuarta Zona de vida está comprendida por el Bosque seco tropical (bs-PMT), comprende la mayor parte de la subcuenca, por lo consecuente en el área predomina un clima cálido.

Cuadro 7: Zonas de vida de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

No.	Zona Vida	Simbolo	Area Ha	%
1	Bosque húmedo montano bajo tropical	bh - MBT	17,683.43	25.14
2	Bosque húmedo premontano bajo tropical	bh - PMT	29,404.33	41.80
3	Bosque muy húmedo montano bajo tropical	bmh - MBT	2,152.52	3.06
4	Bosque seco premontano tropical	bs - PMT	21,104.65	30.00
		Total	70,344.92	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2015. Información generada por el Mapa de Zonas de Vida según IARNA-URL.

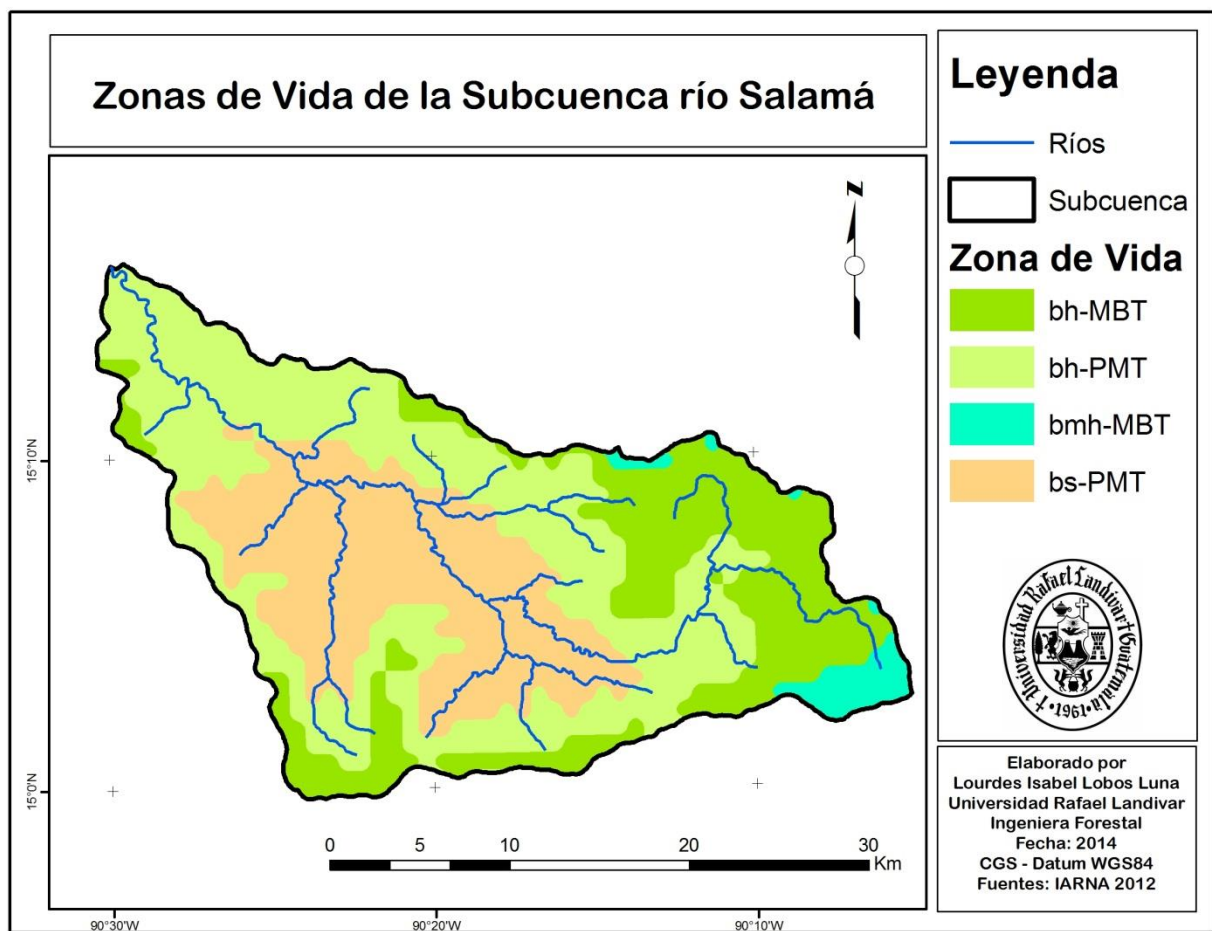


Figura 12: Mapa de Zonas de Vida de la Subcuenca del río Salamá.

2.3.1.9 Hidrología

La subcuenca del Río Salamá pertenece a la cuenca del río Chixoy, que drena a la vertiente del Golfo de México. El río Chixoy es uno de los ríos principales ya que es utilizado como generador de energía eléctrica para todo el país, dicha cuenca es compartida con el país de México.

III. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.

3.2 Definición del Problema

El agua es un recurso que contribuye con las actividades humanas, por tal motivo es necesario identificar todos aquellos lugares que brindan este bien y servicio ambiental que contribuye en el desarrollo de actividades económicas, sociales, ambientales. Las personas de los municipios sujetos a este estudio demandan del vital líquido para consumo humano principalmente, existe problemática porque el sistema de agua entubada no es eficiente para Salamá y San Miguel, diferente situación para San Jerónimo donde el sistema de agua potable es adecuado, pero esto debe ser tema de preocupación por las autoridades locales para una mejor planificación y distribución del recurso y satisfacer la demanda de la población tanto del área urbana como del área rural las áreas urbanas tiene más problema y las áreas rurales en las partes bajas de las microcuencas.

Además por el sistema productivo del país, en la subcuenca se demanda grandes cantidades de agua para la producción agrícola, siendo el mayor consumidor de la oferta hídrica superficial disponible; sin embargo la planificación dentro de la subcuenca se orientó a ser una centro de producción agrícola en el valle de San Jerónimo y Salamá, debido a esto se tiene el sistema de riego de San Jerónimo el cual tiene un trasvase en la parte alta del río Chilascó, el cual aporta un caudal de 1 m³/s, lo que garantiza riego a 1,000 hectáreas con sistemas eficientes con una lámina diaria por hectárea de 8 mm, lamentablemente la demanda se aumenta año con año lo que trae como consecuencia una caída de caudales, llegando al extremo que al menos el río San Jerónimo se seca en algunos tramos.

Por otro lado el río Salamá al igual que muchos cuerpos de agua superficiales sirven de colectores o sumideros de contaminación (hídrica o sólida), además que en algún momento su carga contaminante es tan alta debido a la reducción de los caudales naturales, solamente conduciendo aguas residuales de diferente tipo.

Conociendo la problemática del área y la falta de interés por parte de las comunidades y gobierno local de buscar una solución para atender la problemática indicada anteriormente, se realizó la siguiente investigación para conservar y proteger sus fuentes de agua, además de mejorar la calidad y cantidad del recurso hídrico, y también por la creciente demanda por este valioso recurso, es necesario determinar cuál es el área de recarga hídrica y la cantidad de agua que se recarga en la subcuenca. La subcuenca está amenazada por diferentes actividades como el avance de la frontera agrícola, la tala inmoderada de los bosques que son los principales indicadores del deterioro de la subcuenca, estos bosques son parte importante en la captación y regulación hidrológica local, los cuales deberían de ser manejados especialmente para no perder esta función.

Socializar la información del estado de la subcuenca con autoridades locales es fundamental para que puedan buscar estrategias para la preservación y/o protección de la misma, así también tomar en cuenta a los vecinos del área urbana y rural para que participen en los procesos de gestión integrada de los recursos hídricos dentro de la subcuenca. Es importante indicar que se han elaborado instrumentos que orientan el que hacer en beneficio de los recursos naturales de las microcuencas como, la Política Hidroforestal del Departamento de Baja Verapaz 2011 – 2021, Política Municipal para el Manejo Integrado de los Recursos Naturales y de las Microcuencas que Abastecen de Agua al Municipio de Salamá 2011 – 2021, Política Municipal para el Manejo y Conservación del Recurso Hidroforestal 2011 – 2021 para el municipio de San Miguel Chicaj; todas elaboradas en el 2011 por el Programa Conjunto “Fortalecimiento de la Gobernabilidad Ambiental ante el Riesgo Climático en Guatemala”, FOGARCLI (FAO, MAGA, PNUD, MARN, UNICEF, MSPAS, SEGEPLAN), las cuales no se han implementado.

3.3 Justificación del Trabajo

La subcuenca del río Salamá es la fuente principal de abastecimiento de agua de tres municipios de Baja Verapaz (San Jerónimo, San Miguel Chicaj y Salamá) para diferentes usos, priorizando el consumo humano, agrícola (riego), comercial, producción piscícola, pecuaria, energética y turística. En base a la importancia que esta subcuenca tiene para estos tres municipios es necesario conocer el potencial de recurso hídrico dentro de la misma través de la estimación de los volúmenes de recarga hídrica principalmente.

La actividad forestal (tala de árboles inmoderada para la comercialización de madera y para la construcción de vivienda, extracción de leña, entre otras) que se desarrolla dentro del área de estudio ha generado problemática con la población que se beneficia del recurso ya que manifiestan preocupación por el recurso agua. Es necesaria la vinculación de los gobiernos locales para darle solución a la problemática, y buscar estrategias que ayuden a la protección de las fuentes de agua principalmente en aquellas áreas de mayor recarga hídrica. Debido a esta problemática asociada al recurso bosque y agua en el departamento en el año 2009 surge la mesa de diálogo hidroforestal donde participa la sociedad civil, instituciones de gobierno, municipalidades y sector forestal organizado para buscar una solución a este problema; de todo esto se elaboró en el 2011, siendo la política hidroforestal un instrumento que oriente a la reducción de este conflicto.

Es de importancia que las autoridades locales conozcan sobre los recursos que poseen en su municipio para darles un manejo integrado a los mismos y así contribuir con las comunidades que regularmente son las que se encargan del cuidado de las fuentes de agua, para que al final este recurso llegue a las cabeceras municipales y que los pobladores del casco urbano valoren estas actividades lo suficiente o lo necesario por el agua que es indispensable para actividades, consumo humano, agrícolas, industriales comerciales, familiares, y de recreación entre otras.

La vinculación de las autoridades municipales y gubernamentales por ser las encargadas de velar por el bienestar de los habitantes están obligados a conocer la disponibilidad del recurso hídrico para cada uno de sus municipios, para gestionar, administrar, preservar, proteger y/o recuperar las microcuencas, para poder brindar un mejor servicio a la población. Pero esto no significa que solo las autoridades locales tengan que realizar el trabajo también es importante la vinculación y concientización de los beneficiarios del recurso en este caso los habitantes de los municipios.

Con este estudio se pretende demostrar que en la subcuenca hay suficiente agua disponible para abastecer a las comunidades y los demás usuarios, que están dentro de la misma y a su vez a las cabeceras municipales, así como a los otros sectores, lo que pareciera que el agua cada vez se pone más escasa por la mala distribución y mala planificación por parte de las autoridades locales y usuarios del recurso, que le ponen poco interés a los recursos naturales, enfocándose más a obras grises, sociales y culturales, que las ambientales. Para demostrar que en la subcuenca existe suficiente disponibilidad de agua es necesario cuantificar el recurso esto permitirá conocer la oferta de agua que hay en la subcuenca. A través de la realización de un balance hídrico general y la elaboración del mapa de recarga hídrica para determinar los puntos con mayor recarga.

IV.OBJETIVOS.

4.1 General:

- Determinar la recarga hídrica potencial de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz a partir de información generada de estudios de recarga hídrica.

4.2 Específicos:

- Sistematizar los estudios de recarga hídrica realizados en el departamento de Baja Verapaz para comparar las variables de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.
- Analizar las variables que definen la recarga hídrica como geología, taxonomía de suelo y cobertura vegetal o uso actual del suelo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.
- Estimar la recarga hídrica potencial de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz para conocer la oferta hídrica.

V. METODOLOGIA.

5.1 Sistematización de la Información

Esta etapa se llevó a cabo para alcanzar el primer objetivo, en cual tuvo como finalidad la recopilación y sistematización de todos los estudios de recarga hídrica en el departamento de Baja Verapaz y los documentos hidrogeológicos; los cuales realizó el Programa Conjunto (PNUD, FAO, UNICEF, MAGA, MARN y MSPAS), Fundación Defensores de la Naturaleza, Instituto Nacional de Bosques y Universidad de San Carlos de Guatemala en el departamento, así como otros estudios fuera del mismo; estos estudios se realizaron a nivel de subcuenca y microcuencas, los estudios varían también en escala. El proceso de la sistematización de los documentos se observa a continuación (Figura 13)

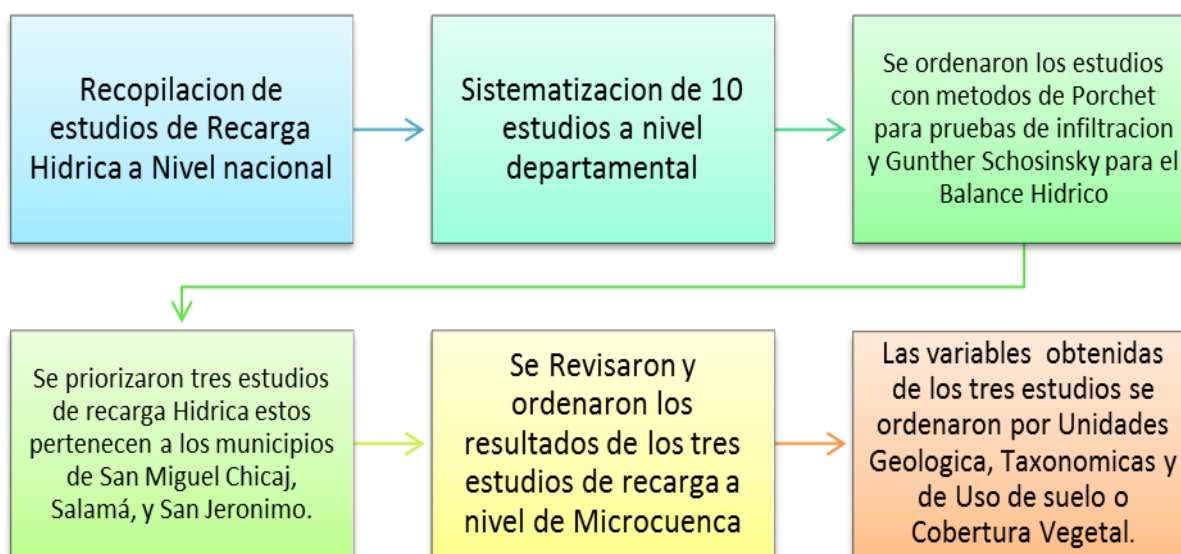


Figura 13: Flujograma del proceso Metodológico del primer objetivo

Se realizó la clasificación de los documentos que hayan usado el método de Porchet para pruebas de infiltración y de Gunther Schosinsky para el balance hídrico de suelos, debido a que se elaboraron otros estudios en la temática hidrogeológica con otras metodologías, por esa razón no se utilizarían además por estar fuera del área de estudio.

Por último se priorizaron los estudios a nivel de microcuencas que se han realizado dentro de la subcuenca del río Salamá, comprendidos los municipios de la subcuenca principalmente San Miguel, Salamá y San Jerónimo.

Se revisaron los resultados que se obtuvieron en dichos estudios y se ordenaron para comparar con las variables de la subcuenca, estas variables fueron: la recarga hídrica, sus características geológicas, edáficas, uso actual y cobertura vegetal. También se revisó y analizó los procesos metodológicos que fueron utilizados en los estudios. Las variables analizadas tienen diferentes niveles de levantamiento desde menor detalle 1:250,00 hasta mayor detalle 1:5,000.

Este proceso de ordenamiento y sistematización sirvió para poder extrapolar, debido a que las variables como la geología y suelo de una subcuenca no tiene un cambio considerable, sin embargo solamente la cobertura vegetal o el uso del suelo es lo que podemos manejar o manipular como seres humanos, de esta forma observamos que el comportamiento de la recarga hídrica mantiene una regularidad; además es importante considerar las variables climáticas principalmente porque tiene variaciones con respecto a la variación altitudinal.

Se recopiló y sistematizó información climática de las estaciones de los municipios de San Jerónimo y Cubulco, estas variables fueron precipitación y temperatura media, principalmente, además de otra información local generada por el Programa Conjunto.

5.2. Análisis de las Variables

Para alcanzar el segundo objetivo se llevó a cabo un análisis de las principales variables para elaborar las unidades de mapeo (sobreposición de mapas temáticos, geología, suelos y cobertura vegetal o uso actual del suelo). Posteriormente una fase de campo para verificar los usos del suelo actual, así como la cobertura de la subcuenca, principalmente; esto se realizó a través de recorridos en el área sujeta al estudio. En el recorrido basado en las unidades de mapeo obtenidas, se procedió a verificar en campo la cobertura forestal en aquellas unidades en las cuales el resultado indicaba su presencia. A continuación utilizando los mapas generados y la información obtenida documentalmente sobre precipitación, evaporación, retención, escorrentía y recarga se procedió a elaborar mapas de zonas y categorías de recarga hídrica. Lo anterior se ve en el flujograma incluido en la figura 14.

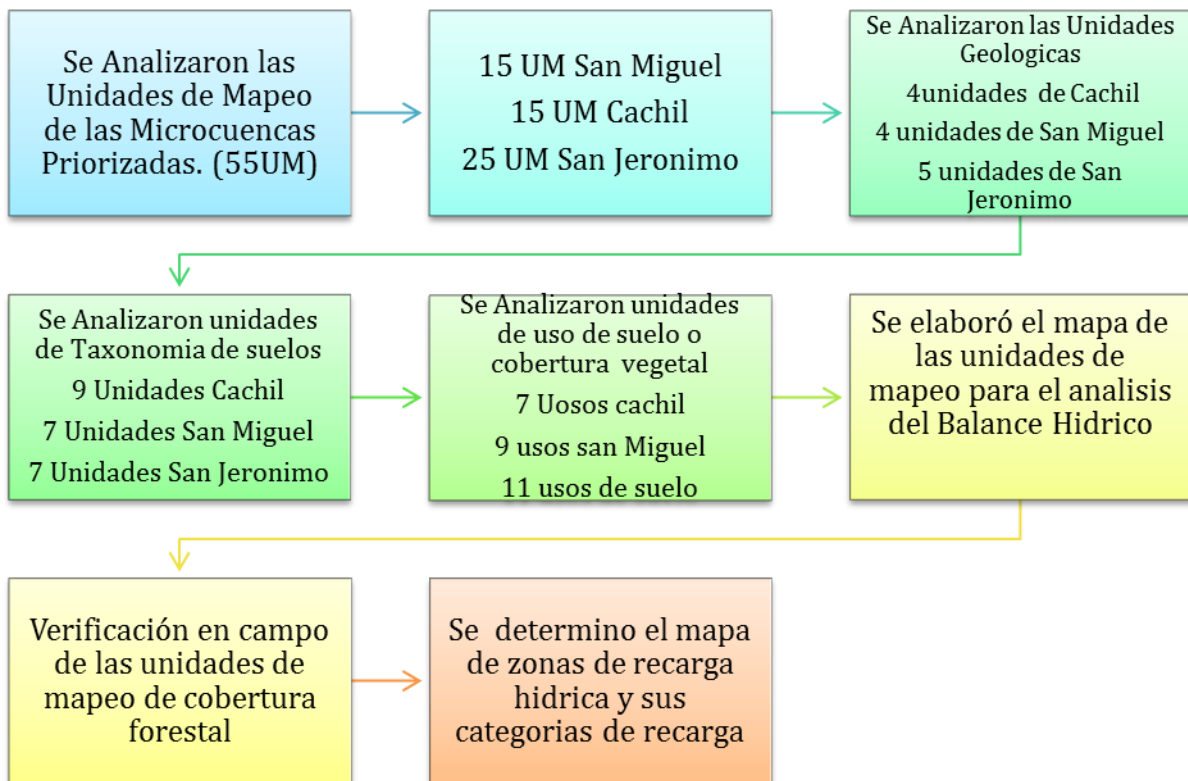


Figura 14: Flujograma del proceso metodológico del objetivo 2.

5.2.1 Información geológica

Se obtuvo la información geológica generada (MAGA 2001); esto para poder determinar la estructura geológica del área sujeta al estudio; con la finalidad contar con un mapa geológico de la subcuenca del río Salamá (escala 1:500,000 a color).

La geología es una de las principales variables que nos orientan a tener un conocimiento inicial del comportamiento de la recarga hídrica, el país se divide en 18 unidades geológicas (nivel de reconocimiento, MAGA 2001), el país se divide en 4 regiones hidrogeológicas (MARN 2013), esto indica que el 70% del área total del país nos garantiza el 90% de los recursos hídricos subterráneos, siendo los acuíferos aluviales los que más volumen disponibilidad brinda con respecto a su extensión, esta región hidrogeológica que ocupa el 20% del país tiene un oferta hídrica subterránea del 40%.

La usencia de información detallada en esta temática para la subcuenca, permitió poder utilizar la información de los estudios realizados para realizar la extrapolación de los valores de recarga hídrica con esta primera variable analizada. Para la subcuenca están presentes 8 unidades geológicas, es importante mencionar que la geología es parte de la forma de la superficie de la tierra, formando la fisiografía (grandes relieves y paisajes), además que la geología o sus características son el material parental que es un factor formador del suelo, en resumen la geología brinda dos factores formadores del suelo siendo el material parental y la topografía o relieve.

5.2.2 Información Taxonómica de suelos

Se determinó que en la subcuenca están presentes ocho subórdenes de suelos, agrupados en diferentes unidades, se elaboró el mapa taxonómico de suelos del área de estudio. Para lograr este procedimiento importante se utilizó la primera aproximación de mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, a escala 1:250,000 elaborado por Ing. Agr. Hugo Tobías e Ing. Agr. Estuardo Lira con apoyo de la Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE-MAGA), Programa de Emergencia por Desastres Naturales (MAGA-BID) para el año 2000.

Como se indicó anteriormente la geología es parte del origen de los suelos, esta variable nos permite definir características importantes de los suelos para definir la recarga hídrica. Estas variables se utilizan para estudios de mayor precisión, siendo las siguientes: velocidad de infiltración, textura y estructura; como variables observadas en campo de una forma aproximada o precisa dependiendo de la metodología; al realizar análisis de laboratorio a partir de muestras de suelo obtenemos datos como textura, densidad aparente y constantes de humedad (punto de marchitez permanente y capacidad de campo), los cuales son necesarios para un mejor análisis del balance hídrico.

La textura del suelo se puede dividir de una forma general en textura pesada, media o liviana, que indica que son suelos arcilloso, francos o arenosos; respectivamente; para una adecuada o recarga hídrica media interesa obtener texturas medias, donde permita infiltración y almacenamiento de humedad.

La formación de los suelos depende también de la variable climática, debido a esto los suelos en las partes altas por la variabilidad climática pueden ser más desarrollados o con mejores propiedades (físicas y químicas), a diferencia de las partes bajas o ubicación las características climáticas reduzcan la limitada meteorización de los mismos.

5.2.3 Información del uso del suelo y/o cobertura vegetal 2010.

De acuerdo a lo generado por MAGA para el año 2014, sobre el uso del suelo y/o cobertura vegetal 2010, se identificaron 31 categorías de uso del suelo, siendo de interés para estimar la recarga hídrica solo las que ocupen cultivos agrícolas, arbustos y cobertura forestal, esto nos priorizó 19 usos del suelo para la subcuenca.

Esta variable es importante en la regulación hidrológica, debido que es la única que se puede modificar o manejar; lo ideal que toda actividad de producción agrícola, pecuaria, forestal o agroforestal, se realice de acuerdo a su capacidad de uso para no deteriorar la unidades de tierra o en su mejor situación una menor intensidad de uso.

La subcuenca al igual que en la mayoría de tierras del país existe un sobre uso, relacionado a la cultura de la población y necesidades de garantizar su seguridad alimentaria. El uso del suelo es una variable dentro del análisis del balance hídrico considerada la profundidad de las raíces y la intercepción o retención, este último es importante considerarlo debido a que es una variable del balance hídrico.

La cobertura forestal juega un papel importante en la regulación hidrológica, sin embargo el bosque es uno de los mayores consumidores de agua, pero es la forma más adecuada de garantizar los recursos hídricos y protección al suelo, la sociedad reconoce la importancia de los recursos forestales con los bienes y servicios que nos brindan; para la subcuenca la cobertura forestal ocupa una tercera parte de su extensión.

5.2.4 Información climática

Se obtuvieron los datos más actualizados de precipitación y temperatura media de las estaciones meteorológicas reconocidas del INSIVUMEH (estación San

Jerónimo y Cubulco), así como otros datos climáticos disponibles que generó el Programa Conjunto dentro del área de estudio. El clima de un área está en función de la altitud, la distancia del mar y la posición en latitud sobre el globo terrestre, esta última es la misma para el país debido que estamos en la región tropical; una aproximación al clima local son las zonas de vidas que nos indican una caracterización bioclimática.

Las variables climáticas principalmente la precipitación promedio anual, es la principal indicadora de la existencia de recursos hídricos (pozos, ríos, nacimientos); la lluvia es la materia prima para que existe recarga hídrica. Otra variable analizada es la temperatura promedio para estimar evapotranspiración potencial a través del método de Hargreaves, el análisis de la precipitación y la evapotranspiración potencial brinda una aproximación de la disponibilidad hídrica o balance hidrológico.

Los datos climáticos se analizaron de acuerdo a la altitud, al usar los métodos de polígonos de Thiesen e Isolíneas se estima la precipitación promedio de una zona, área o región; sin embargo no se recomienda utilizar este valor para las diferentes altitudes, como sabemos la precipitación se aumenta con respecto a mayor altitudes y ocurre lo contrario con la temperatura. Los datos de precipitación y las demandas de la atmosfera por la evapotranspiración (perdida de agua) dentro del balance hídrico nos estima la evapotranspiración real, con este nuevo dato se cuantifica en que momento está saturado el suelo y por consiguiente en que momento empieza a existir recarga hídrica.

5.2.5 Análisis de la información Recopilada

Se realizó el análisis de las variables que definen la recarga hídrica que son la geología, taxonomía de suelos y cobertura vegetal o uso actual del suelo 2010, información disponible en los estudios realizados para luego realizar un análisis de

las características de cada microcuenca. También se analizaron los documentos de una forma ordenada las variables de geológicas, edáficas, cobertura vegetal o uso actual del suelo utilizados para esos estudios para obtener las unidades de mapeo de la subcuenca, además de variables del balance hídrico como precipitación (entrada del sistema), evapotranspiración potencial e intercepción o retención (perdidas en el sistemas), así como escorrentía y recarga hídrica (disponibilidad u oferta hídrica).

Además se revisó otras variables como altitud (que es un factor importante para el clima), velocidad de infiltración, constantes de humedad (punto de marchitez permanente y capacidad de campo), textura, densidad aparente, pendiente del terreno y fisiografía como características particulares de cada sitio.

Se calculó el balance hídrico de suelos de acuerdo a los resultados obtenidos de los estudios de las microcuencas, de estos se obtuvieron los datos de 76 unidades de mapeo de Baja Verapaz.

5.3. Estimación de la Recarga Hídrica Potencial

Para alcanzar el tercer objetivo siendo esta la etapa final de la investigación se estimó la recarga hídrica potencial de la subcuenca del río Salamá con la comparación y extrapolación de acuerdo a las variables geológicas y edáficas, las cuales no se pueden modificar, solamente el uso del suelo y cobertura vegetal es la variable que podemos modificar, por lo tanto esta si tuvo un análisis para la estimación de la recarga hídrica.

5.3.1 Identificación y mapeo de áreas de recarga hídrica.

Para la identificación de las zonas de recarga se consideró el análisis con las principales variables que definen la misma. Se obtuvo las unidades de mapeo utilizando el sistema de información geográfica sobreponiendo los archivos de figuras (*.shp) de geología, taxonomía de suelos y uso actual del suelo y/o cobertura vegetal 2010.

Se inició con la delimitación y ubicación de la subcuenca hidrográfica, luego se utilizaron los mapas que fueron fundamentales en este proceso que son:

- Mapa de geología, escala 1:500,000. MAGA 2001.
- Mapa taxonomía de suelos escala 1:250,000. MAGA 2001.
- Mapa de uso actual del suelo y/o cobertura vegetal 2010, escala 1:50,000, MAGA 2014.
- Se realizó el análisis de datos de precipitación y temperatura media para estimar los datos de evapotranspiración potencial con el método de Hargreaves esta estimación de evapotranspiración fue para algunas unidades que no se tenían en los estudios revisados.

La delimitación de las unidades de mapeo para la identificación de las áreas de recarga hídrica potencial de la subcuenca, se realizó lo siguiente:

El mapa geológico de la subcuenca, el cual nos describe el material parental de la subcuenca con el cual se puede definir que de acuerdo a su composición si existen acuíferos o manantiales.

Los suelos es otro factor importante para conocer la recarga hídrica natural de la subcuenca por lo cual se utilizó el mapa digital de taxonomía de suelos, este describe las características principales y es parte importante para definir la recarga. Se tienen ocho subórdenes de suelos.

Por último se trabajó el mapa de uso actual del suelo y/o cobertura vegetal, todos los mapas editados fueron generados con sistemas de información geográfica el

uso del suelo y la cobertura vegetal son un factor importante para el cálculo de la recarga hídrica ya que de acuerdo al tipo de cobertura en este caso vegetal hay diferentes demandas hídricas.

La sobreposición de la información temática de geología y suelos generó el mapa A el cual posteriormente se le hizo un proceso con el mapa de uso actual del suelo y/o cobertura vegetal para obtener el mapa final de unidades de mapeo para poder determinar la recarga hídrica potencial.

Para obtener el mapa final de unidades de mapeo de la subcuenca se hicieron varios análisis (filtrado de información para unir o depurar unidades de mapeo), inicialmente se obtuvieron 300 unidades de mapeo dentro de la subcuenca, combinando los diferentes mapas temáticos de geología, taxonomía de suelo, y uso actual del suelo y/o cobertura vegetal 2010, se efectuó un total de 4 fases de análisis (filtrado) hasta llegar a una cantidad de 76 unidades de mapeo.

El área de las unidades de mapeo de la subcuenca es de 69,008.22 hectáreas, no se contabilizó el área de: cementerios, ríos, tejido urbano continuo, lugares deportivos y recreativos, rocas y lava, zona de extracción minera, que hace el total del área de la subcuenca. Por la escala del estudio (1:250,000) la unidad mínima de mapeo es de 156.25 hectáreas, los análisis (filtros) realizados consideraron principalmente la extensión de la unidad de mapeo. Áreas menores a la unidad de mapeo no se consideraron para el análisis del balance hídrico y por consiguiente las zonas de recarga hídrica.

5.3.2 Cálculo del balance hídrico

Para la realización del balance hídrico de la subcuenca del río Salamá, se realizó en un cuadro Excel, el cual se realizó por unidad de mapeo (metros cúbicos por año ($m^3/año$)) y porcentaje (%) de cada componente con respecto a la precipitación.

Los datos utilizados para la realización del balance fueron:

- Precipitación
- Evapotranspiración
- Intercepción o Retención
- Escorrentía
- Recarga Hídrica

5.3.4 Elaboración del mapa de recarga hídrica natural.

Se elaboró por medio del Programa ArcGis 10.1, con los resultados de recarga hídrica y balance hídrico de suelos de la Subcuenca, en la tabla de atributos que incluye toda la información del mapeo del estudio (geología, suelos, cobertura forestal, unidad de mapeo, recarga hídrica natural (lámina y volumen). Ver cuadro 11.

Cuadro 8: Categoría de zonas de recarga Hídrica.

Rango (mm/año)	Criterio	Volumen (m³/há/año)
>1,150	Muy Alta	>11,500
862.5-1,150.0	Alta	>8.625-11,500
575-862.5	Media	5.750-8.625
287.5-575	Baja	2.875-5.750
<287.5	Muy Baja	<2.875

Fuente: citado por O. Avalos

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Sistematización de los estudios de recarga hídrica

Para llegar al resultado del primer objetivo de la investigación se llevó a cabo la recopilación de 37 estudios de recarga hídrica a nivel nacional, y la recopilación y sistematización de los estudios y documentos de recarga realizados en el Departamento, los cuales fueron realizados por: Programa Conjunto (PNUD, FAO, UNICEF, MAGA, MARN y MSPAS), Fundación Defensores de la Naturaleza, Instituto Nacional de Bosques y Universidad de San Carlos de Guatemala en el departamento. En total se obtuvieron 10 estudios de recarga hídrica realizados en Baja Verapaz. A nivel de microcuencas y subcuencas. De estos 10 estudios recopilados y sistematizados 6 estudios pertenecen a la cuenca del río Chixoy, 3 estudios son hidrogeológicos, 3 estudios son superficiales y 3 estudios pertenecen a la subcuenca del río Salamá, estos tres últimos fueron los que sirvieron para el análisis de las principales variables que definen la recarga hídrica, para determinar la recarga hídrica de la subcuenca.

Cuadro 9: Sistematización de estudios de recarga hídrica del Departamento de Baja Verapaz.

No.	Microcuenca / subcuenca / cuenca	Municipio	Departamento	Año	Autor	Institución
1	Belejejá, Motagua	Granados	Baja Verapaz	2005	Oscar Avalos	FAUSAC – INAB
2	Cotón, Motagua	Granados / Pachalum	Baja Verapaz / el Quiché	2004	Juan Carlos Fuentes	FAUSAC
3	Pancajoc, Matanzas, Polochic	Purulhá	Baja Verapaz	2009	Oscar Avalos	FDN – FODECYT
4	San Jerónimo, Salama, Chixoy	San Jerónimo	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos	FDN

5	Cachil, Salama, Chixoy	Salamá	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos	PC PNUD MARN
6	San Miguel, Salama, Chixoy	San Miguel Chicaj	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos	PC PNUD MARN
7	Xesiguan, Chicruz, Chixoy	Rabinal	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos	PC PNUD MARN
8	El Zope, Chicruz, Chixoy	Cubulco	Baja Verapaz	2010		FAO
9	La Virgen, Motagua	El Chol	Baja Verapaz	2010		FAO
10	Pamacál, Agua Caliente, Motagua	Granados	Baja Verapaz	2010		FAO

Fuente: Elaboración propia, 2015. Con base a los estudios recopilados.

Cuadro 10: Estudios de recarga hídrica realizados en el país. Informe Ambiental del Estado 2012. MARN 2013.

No.	Espacio Hidrológico	Nombre	Área (Ha)	Cuenca	Municipio	Departamento	PpVol* m3/año
1	Subcuenca	Belejeya	3,534	Motagua	Granados	Baja Verapaz	47,496,591
2	Subcuenca	Sibaca	2,490	Motagua	Chinique	El Quiche	48,784,585
3	Subcuenca	Tzulbá	2,832	Motagua	Joyabaj	El Quiche	46,946,744
4	Microcuenca	Cachil	6,281	Chixoy	Salamá	Baja Verapaz	98,017,184
5	Microcuenca	San Miguel	11,040	Chixoy	San Miguel Chicaj	Baja Verapaz	133,723,260
6	Microcuenca	Xesiguan	1,862	Chixoy	Rabinal	Baja Verapaz	29,593,724
7	Microcuenca	San Jerónimo	22,803	Chixoy	San Jerónimo	Baja Verapaz	200,794,114
8	Subcuenca	Hato	19,665	Motagua	San Agustín Acasaguastlan	El Progreso	398,099,951
9	Subcuenca	Teculután	20,083	Motagua	Teculután	Zacapa	173,034,255
10	Subcuenca	Pasabien	10,085	Motagua	Río Hondo	Zacapa	187,036,215
11	Microcuenca	Río Frío	232	Cahabón	Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	5,876,978
12	Subcuenca	Pueblo Viejo	14,778	Polochic	Panzos	Alta Verapaz	574,655,291
TOTAL			115,685	TOTAL			1,944,058,892

* PpVol: Volumen de lluvia
Fuente: MARN

Para la subcuenca con los estudios realizados en las microcuencas San Jerónimo (22,803 ha), Cachil (6,281 ha) y San Miguel (11,040) se cubre una extensión de 40,124 ha de las 69,008 ha de acuerdo a las unidades de mapeo, que equivale al 58% de la subcuenca.

6.2 Análisis de las Variables

6.2.1 Unidades de Mapeo

A continuación se presenta las características de las de las unidades de mapeo, para definir las unidades de mapeo de la subcuenca, se utilizó sistema de información geográfica (ArcGis 10.1), con las principales variables como: uso del suelo, taxonomía y geología, la combinación de estos mapas temáticos se obtuvieron las unidades de mapeo que se utilizaron para determinar la recarga hídrica potencial del área de estudio.

La subcuenca se divide en 8 unidades geológicas y 8 unidades edáficas; la combinación de estas dos variables, se obtiene 64 combinaciones posibles, para que posteriormente estas 64 unidades geológicas y edáficas se vuelvan a combinar nuevamente con los usos del suelo o cobertura vegetal que la subcuenca tiene 19 diferentes usos; al combinar estas categorías con las 64 combinaciones geológicas y edáficas, podríamos obtener 1,296 posibles combinaciones o unidades de suelos, que cada una incluye geología, suelo y cobertura vegetal o uso del suelo. De las tres combinaciones se obtuvieron 300 unidades para determinar las 76 unidades finales; estas unidades se les realizó un filtro por área y por uso del suelo principalmente.

A continuación se describe las 76 unidades de mapeo que abarcaron una extensión de 69,008.22 hectáreas equivalentes 98% de la extensión total de la subcuenca, el resto de extensión son áreas no consideradas debido a que por el tamaño de la unidad de mapeo y son menores de 156.25 hectáreas.

La columna que indica área en hectáreas es en base al uso del suelo o cobertura vegetal, en donde la mayor extensión es la que se prioriza y se define como el uso principal, en algunos casos se agrupan diferentes usos o cobertura como es el caso para los diferentes tipos de bosques. Las áreas no consideradas NC son aquellas unidades que de acuerdo a sus características geológicas y edáficas principalmente no cumplen con la extensión de la unidad mínima de mapeo 156.25 hectáreas.

Cuadro 11: Unidades de mapeo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

UM	Geología	Taxonomía	Uso Suelo y/o Cobertura Vegetal 2010	Área Ha	Área UM Ha	
1	CPsr	Eo-Ep	Bosque de coníferas, espacio con vegetación escasa (Tierras desnudas y degradadas), Granos básicos, Manía, Otras hortalizas y Pasto natural	7.7	198.16	0.29
				7.23		
				86.94		
				36.25		
				31.92		
				28.12		
2	CPsr	Eo-Ep	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	224.35	224.35	0.33
3	CPsr	Eo	Granos básicos, Manía, Pasto natural y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	34.74	186.46	0.27
				16.4		
				60.01		
				75.31		
4	CPsr	Eo-Ps	Bosque de coníferas y Bosque mixto	832.01	924.38	1.34
				92.37		
5	CPsr	Eo-Ps	Granos básicos, Manía, Otras hortalizas y Pasto natural	143.45	451.3	0.65
				13.13		
				35.66		
				259.06		
6	CPsr	Eo-Ps	Tomate y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	6.95	1,981.57	2.87
			1,974.62			
7	CPsr	Ud-Pd	Bosque mixto	536.13	536.13	0.78
8	CPsr	Ud-Pd	Granos básicos y Manía	210.13	227.39	0.33
				17.26		
9	CPsr	Ud-Pd	Pasto natural	364.42	364.42	0.53
10	CPsr	Ud-Pd	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	2,313.29	2,313.29	3.35
11	CPsr	Vs	Bosque mixto, Flores y follajes, Granos básicos, Manía, Otras hortalizas, Pasto natural, Tomate, Vegetación arbustiva baja (matorral	5.32	368.67	0.53
				5.42		
				34.8		
				4.14		

			y/o guamil)	4.33		
				26.3		
				67.04		
				221.32		
12	I	Eo-Ep	Granos básicos, Manía, Pasto natural, Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil), Tomate,	40.88	723.05	1.05
				11.8		
				64.54		
				604.49		
				1.34		
13	I	Ps-Eo-Ms	Árboles dispersos, Bosque mixto, Granos básicos, Otras hortalizas, Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	7.51	218.95	0.32
				51		
				0.67		
				122.86		
				36.91		
14	I	Ps-Ls	Bosque mixto, Conífera, Granos básicos, Otras hortalizas, Otros cultivos permanentes arbóreos, Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	137.7	189.93	0.28
				1.79		
				1.91		
				14.63		
				15.36		
				18.54		
15	I	Ud-Pd	Granos básicos, Manía, Pasto natural, Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	50.21	377.3	0.55
				3.74		
				66.03		
				257.32		
16	I	Vs	Granos básicos, Manía, Pasto natural, Tomate, Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	3.8	182.86	0.26
				6.63		
				3.71		
				77.51		
				91.21		
17	JKts	Eo	Bosque mixto, Granos básicos, Manía, Otras hortalizas, Pasto natural	1.39	273.66	0.40
				142.57		
				0.39		
				2.01		
				127.3		
18	JKts	Eo	Tomate y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	0.06	581.37	0.84
				581.31		
19	JKts	Ud-Pd	Bosque latifoliado, Bosque mixto y Conífera	145.72	610.19	0.88
				365.91		
				98.56		
20	JKts	Ud-Pd	Flores y follajes, Granos básicos, Otras hortalizas, Otros cultivos permanentes arbóreos y Pasto natural	12.8	438.76	0.64
				44.6		
				25.43		
				9.09		
				346.84		
21	JKts	Ud-Pd	Tomate y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	2.39	1,65.62	0.24
				163.23		
22	Ksd	Eo	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	410.1	410.1	0.59
23	Ksd	Ud-Pd	Granos básicos, Pasto natural y	10.43	1,205.36	1.75

			Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	94.75 1100.18		
24	Pi	Eo	Árboles dispersos	222.52	222.52	0.32
25	Pi	Eo	Otras hortalizas y Pasto natural	14.32 1155.43	1,169.75	1.70
26	Pi	Eo	Tomate	0.94	203.14	0.29
			Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	202.2		
27	Pi	Ps-Eo-Ms	Bosque latifoliado, Bosque mixto, Conífera, Flores y follajes Granos básicos, Otros cultivos permanentes arbóreos, Pasto natural, Tomate, Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	6.06 118.15 8.91 0 6.21 4.19 7.69 2.04 36.83 2.02	192.1	0.28
28	Pi	Ud-Pd	Árboles dispersos, Bosque latifoliado, Bosque mixto y Conífera	926.63 912.67 270.77 335.28	2,445.35	3.54
29	Pi	Ud-Pd	Flores y follajes, Granos básicos, Otras hortalizas, Otros cultivos permanentes arbóreos y Pasto natural	29.77 26.69 38.92 0.47 5821.77	5,917.62	8.58
30	Pi	Ud-Pd	Tomate y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	22.21 1262.59	1284.8	1.86
31	Pi	Vs	Granos básicos, Otras hortalizas, Pasto natural, Tomate y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	12.14 9.96 107.59 4.6 60.46	194.75	0.28
32	Pzm	Dd	Bosque de coníferas, Bosque latifoliado, Bosque mixto y conífera	129.96 37.41 50.81 56.68	274.86	0.40
33	Pzm	Dd	Granos básicos y Otras hortalizas	6.42 244.2	250.62	0.36
34	Pzm	Dd	Pasto natural y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	1.51 576.56	578.07	0.84
NC	Pzm	Eo-Ep	Bosque mixto	6.17	100.11	0.15
			Granos básicos	36.79		
			Manía	0.31		
			Pasto natural	3.04		
			Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	53.8		

35	Pzm	Eo-Ps	Árboles dispersos, Bosque de coníferas, Bosque mixto y conífera	169	4,897.41	7.10
				2719.84		
				1936.95		
				71.62		
36	Pzm	Eo-Ps	Granos básicos	870.89	870.89	1.26
37	Pzm	Eo-Ps	Manía, Otras hortalizas, Pasto cultivado y Pasto natural	0.37	1,021.66	1.48
				61.28		
				51.67		
				908.34		
38	Pzm	Eo-Ps	Tomate	230.5	230.5	0.33
39	Pzm	Eo-Ps	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	5040.36	5,040.36	7.30
40	Pzm	Ps-Eo-Ms	Árboles dispersos, Bosque de coníferas, Bosque mixto, Café, Conífera y Cítricos	23.13	338.09	0.49
				44.26		
				262.31		
				0.12		
				3.83		
				4.44		
41	Pzm	Ps-Eo-Ms	Flores y follajes, Granos básicos, Otras hortalizas, Otros cultivos permanentes arbóreos y Pasto natural	14.76	217.62	0.32
				51.29		
				28.21		
				18.6		
				104.76		
42	Pzm	Ps-Eo-Ms	Tomate	180.6	180.6	0.26
43	Pzm	Ps-Eo-Ms	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	372.84	372.84	0.54
44	Pzm	Ps-Ls	Árboles dispersos, Bosque de coníferas, Bosque mixto, Café, Café y banano, y Conífera	359.77	9,439.83	13.68
				5056.78		
				3014.13		
				15.17		
				15.02		
				978.96		
45	Pzm	Ps-Ls	Granos básicos	1454.03	1,454.03	2.11
46	Pzm	Ps-Ls	Manía y Otras hortalizas	0.01	358.35	0.52
				358.34		
47	Pzm	Ps-Ls	Otros cultivos permanentes arbóreos, Pasto cultivado y Pasto natural	96.77	1,182.4	1.71
				5.18		
				1080.45		
48	Pzm	Ps-Ls	Tomate y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	83.4	2,503.06	3.63
				2419.66		
49	Pzm	Ud-Pd	Bosque de coníferas, Bosque latifoliado, Bosque mixto y Conífera	1479.21	3,182.35	4.61
				132.81		
				994.48		
				575.85		
50	Pzm	Ud-Pd	Flores y follajes, y Granos básicos	1.36	240.36	0.35
				239		
51	Pzm	Ud-Pd	Otras hortalizas, Otros cultivos permanentes arbóreos y Pasto natural	2.54	159.31	0.23
				5.01		
				151.76		

52	Pzm	Ud-Pd	Tomate	163.71	163.71	0.24
53	Pzm	Ud-Pd	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	778.37	778.37	1.13
54	Qp	Eo-Ep	Cítricos, Espacio con vegetación escasa (Tierras desnudas y degradadas), Flores y follajes, y Granos básicos	6.93	482.58	0.70
				1.73		
				23.08		
				450.84		
55	Qp	Eo-Ep	Manía y Otras hortalizas	50.79	367.87	0.53
				317.08		
56	Qp	Eo-Ep	Otros cultivos permanentes arbóreos, Pasto natural y Tomate	15.15	306.06	0.44
				24.59		
				266.32		
57	Qp	Eo-Ep	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	205.64	205.64	0.30
58	Qp	Eo	Granos básicos	410.97	410.97	0.60
59	Qp	Eo	Manía, Otras hortalizas y Pasto natural	31.25	201.32	0.29
				27.38		
				142.69		
60	Qp	Eo-Ps	Árboles dispersos, Bosque de coníferas, Bosque mixto, Café Granos básicos, Manía, Otras hortalizas y Pasto natural	8.29	354.18	0.51
				47.86		
				2.26		
				2.34		
				159.1		
				22.49		
				71.54		
40.3						
61	Qp	Eo-Ps	Tomate y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	132.42	468.92	0.68
				336.5		
62	Qp	Eo	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	284.52	284.52	0.41
63	Qp	Ps-Eo-Ms	Bosque de coníferas, Bosque mixto, Café y Cítricos	30.91	181.46	0.26
				84.38		
				34.18		
				31.99		
64	Qp	Ps-Eo-Ms	Flores y follajes, y Granos básicos	58.98	175.74	0.25
				116.76		
65	Qp	Ps-Eo-Ms	Otras hortalizas	417.72	417.72	0.61
66	Qp	Ps-Eo-Ms	Pasto natural y Tomate	138.06	1,477.93	2.14
				1339.87		
67	Qp	Ps-Eo-Ms	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	602.12	602.12	0.87
68	Qp	Ps-Ls	Bosque mixto, Cítricos y Granos básicos	6.23	821.69	1.19
				16.78		
				798.68		
69	Qp	Ps-Ls	Manía y Otras hortalizas	148.39	347.37	0.50
				198.98		
70	Qp	Ps-Ls	Papaya, Pasto natural y Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	19.22	160.45	0.23
				34.25		
				106.98		

71	Qp	Ud-Pd	Cítricos, Granos básicos, Manía, Otras hortalizas, Pasto natural, Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	0.62	179.73	0.26
				20.98		
				4.94		
				100.85		
				19.19		
33.15						
72	Qp	Vs	Bosque mixto, Cítricos, Flores y follajes y Granos básicos	0.5	506.8	0.73
				29.63		
				92.47		
				384.2		
73	Qp	Vs	Manía y Otras hortalizas	17.24	388.15	0.56
				370.91		
74	Qp	Vs	Otros cultivos permanentes arbóreos	7.97	463.33	0.67
			Pasto natural	455.36		
75	Qp	Vs	Tomate	737.34	737.34	1.07
76	Qp	Vs	Vegetación arbustiva baja (matorral y/o guamil)	384.2	384.2	0.56
Total				69,008.22	69,008.22	99.33

Como se puede observar en el cuadro anterior que la mayoría de unidades de mapeo se agruparon de acuerdo al uso del suelo o cobertura vegetal, debido a que solo el uso o la cobertura de las superficie o del suelo es lo que podemos realizar intervenciones positivas o negativas.

El 71% de las unidades de mapeo (54 UM) tienen una extensión menor a 1% de la subcuenca, sin embargo estas 54 unidades de mapeo ocupan el 25% de la extensión total de la subcuenca; un 15% de las unidades de mapeo (11 UM) tiene una extensión entre 1 a 2% de extensión de la subcuenca, el área total de estas unidades representan un 16% de la subcuenca; un 4% de las unidades de mapeo (3 UM) cubren superficies de 2 a 3%, de 3 a 4% y 5 a 10% de su extensión, ocupando 7%, 11% y 23% de la superficie total de la subcuenca, respectivamente; dos unidades cubren entre 4 a 5% y más del 10% de extensión de la subcuenca: la unidad que se ubica en extensiones arriba del 10% del área ocupa una extensión del 14%.

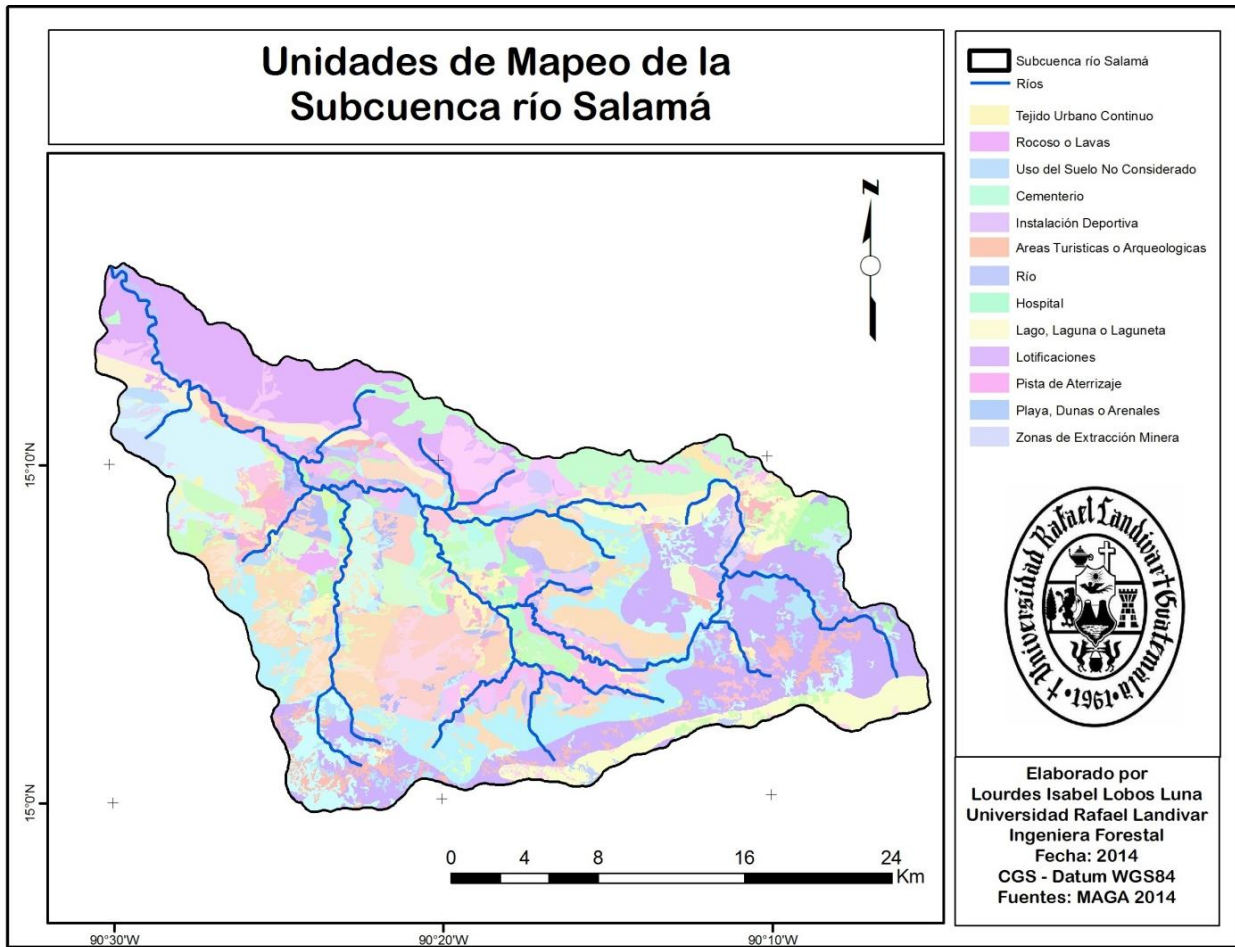


Figura 15: Mapa de Unidades de Mapeo de la Subcuenca del río Salamá.

6.3. Estimación de la Recarga Hídrica

6.3.1 Balance hídrico por Unidades de Mapeo

El principal resultado de la investigación es el balance hídrico general, así como por unidad de mapeo, este se generó con el análisis de la información de las microcuencas y subcuencas estudiadas en el departamento y principalmente las unidades hidrológicas dentro de la subcuenca que han sido estudiadas (Cachil, San Miguel y San Jerónimo).

De acuerdo a los objetivos del estudio es importante la disponibilidad hídrica superficial (escorrentía) y subterránea (recarga hídrica); la escorrentía y recarga hídrica los volúmenes de acuerdo a la precipitación en porcentaje (%) tienen un comportamiento similar siendo los valores máximos de la precipitación 51% y 56% respectivamente y los menores porcentajes con respecto a la precipitación es 0.

La evapotranspiración potencial es la mayor pérdida dentro de la subcuenca, siendo en una unidad de mapeo del 81% de la precipitación siendo el menor de 26%, los valores de 0 (unidades 22 y 23 no se analizaron debido a que por sus características geológicas no se tiene información para su comportamiento en el balance hídrico), la intercepción no es mayor al 21% y menor al 12% de la precipitación.

Cuadro 12: Balance Hídrico por unidad de mapeo en volumen (metros cúbicos por año) y porcentaje (%) de cada componente con respecto a la precipitación.

UM	Volumen m ³ /año								
	Precipitación Pp	Evapotranspiración Potencial - ETP	% ETP/Pp	Intercepción INT	% INT/Pp	Escorrentía ESC	% ESC/Pp	Recarga Hídrica REC HID	% RECHID/Pp
1	1,920,896	908,167	47	261,968	14	172,399	9	578,362	30
2	2,174,773	1,028,196	47	296,591	14	195,185	9	654,801	30
3	1,714,313	834,036	49	234,007	14	0	0	646,270	38
4	14,848,316	5,224,596	35	1,881,113	13	81,345	1	7,661,261	52
5	4,374,749	2,068,308	47	596,619	14	392,631	9	1,317,191	30

6	18,218,555	8,863,563	49	2,486,870	14	0	0	6,868,122	38
7	8,611,856	3,030,207	35	1,091,025	13	47,179	1	4,443,445	52
8	2,090,624	1,017,115	49	285,374	14	0	0	788,134	38
9	3,532,564	1,670,137	47	481,763	14	317,045	9	1,063,618	30
10	21,268,388	10,347,346	49	2,903,179	14	0	0	8,017,863	38
11	3,389,552	1,649,061	49	462,681	14	0	0	1,277,810	38
12	6,788,716	3,285,539	48	926,227	14	0	0	2,576,950	38
13	2,055,722	994,909	48	280,475	14	0	0	780,338	38
14	1,783,253	863,042	48	243,300	14	0	0	676,911	38
15	3,542,470	1,714,451	48	483,321	14	0	0	1,344,697	38
16	1,716,873	830,916	48	234,244	14	0	0	651,713	38
17	4,033,038	1,860,891	46	483,964	12	0	0	1,688,184	42
18	8,567,885	3,953,321	46	1,028,145	12	0	0	3,586,419	42
19	11,473,708	4,173,408	36	2,294,742	20	0	0	5,005,558	44
20	2,898,232	2,105,408	73	421,001	15	282,558	10	89,264	3
21	1,094,004	794,735	73	158,917	15	106,658	10	33,695	3
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	2,068,431	1,329,556	64	262,129	13	0	0	476,746	23
25	10,873,394	6,989,253	64	1,377,965	13	0	0	2,506,176	23
26	1,888,285	1,213,761	64	239,299	13	0	0	435,225	23
27	1,869,617	1,183,402	63	234,455	13	0	0	451,761	24
28	61,661,137	15,920,878	26	7,399,344	12	7,569,227	12	30,771,689	50
29	149,216,750	38,527,698	26	17,906,027	12	18,317,135	12	74,465,889	50
30	23,354,383	8,699,125	37	2,802,528	12	2,497,691	11	9,355,038	40
31	1,140,078	887,480	78	176,049	15	514	0	76,035	7
32	3,228,780	1,369,902	42	422,460	13	726,455	22	709,963	22
33	2,944,033	1,249,090	42	385,203	13	662,389	22	647,351	22
34	6,790,588	2,881,101	42	888,494	13	1,527,839	22	1,493,155	22
35	67,706,693	30,074,995	44	13,884,157	21	4,730,898	7	19,016,643	28
36	13,214,885	4,463,311	34	1,686,914	13	4,882,209	37	2,182,450	17
37	21,414,763	6,573,195	31	4,282,955	20	6,621,143	31	3,937,470	18
38	3,497,607	1,181,313	34	446,479	13	1,292,183	37	577,633	17
39	55,045,295	31,102,490	57	6,763,320	12	0	0	17,179,486	31
40	3,871,807	1,377,379	36	507,811	13	1,986,617	51	0	0
41	2,492,184	886,584	36	326,865	13	1,278,735	51	0	0
42	2,068,231	735,764	36	271,261	13	1,061,206	51	0	0
43	4,269,764	1,518,950	36	560,006	13	2,190,808	51	0	0
44	168,944,638	58,706,303	35	34,228,824	20	14,603,417	9	61,406,094	36
45	22,156,509	7,662,738	35	2,819,364	13	7,159,644	32	4,514,763	20
46	5,460,537	1,888,505	35	694,841	13	1,764,515	32	1,112,677	20
47	13,752,494	5,928,554	43	1,800,795	13	1,949,778	14	4,073,368	30
48	26,244,584	11,296,310	43	3,526,812	13	8,798,256	34	2,623,207	10
49	67,003,433	21,483,999	32	8,040,416	12	0	0	37,479,018	56
50	4,068,003	1,662,002	41	813,602	20	0	0	1,592,398	39
51	2,696,262	1,101,571	41	539,254	20	0	0	1,055,438	39

52	2,770,730	1,131,995	41	554,147	20	0	0	1,084,588	39
53	13,173,620	5,382,145	41	2,634,730	20	0	0	5,156,744	39
54	4,501,506	2,106,944	47	953,578	21	1,334,816	30	106,168	2
55	3,704,819	1,824,635	49	502,510	14	0	0	1,377,673	37
56	2,854,928	1,336,258	47	604,775	21	846,562	30	67,333	2
57	2,071,000	1,019,974	49	280,904	14	0	0	770,122	37
58	3,833,528	1,794,295	47	812,077	21	1,136,743	30	90,413	2
59	2,027,494	998,547	49	275,003	14	0	0	753,943	37
60	3,303,791	1,546,350	47	699,860	21	979,662	30	77,920	2
61	4,374,086	2,047,305	47	926,586	21	1,297,033	30	103,162	2
62	2,654,003	1,242,214	47	562,212	21	786,982	30	62,594	2
63	2,083,887	925,627	44	273,279	13	0	0	884,980	42
64	2,018,198	896,450	44	264,664	13	0	0	857,084	42
65	4,797,096	2,130,790	44	629,086	13	0	0	2,037,220	42
66	16,972,548	7,538,921	44	2,225,763	13	0	0	7,207,865	42
67	6,914,746	3,071,414	44	906,793	13	0	0	2,936,539	42
68	8,125,692	2,479,039	31	1,106,816	14	3,951,507	49	588,330	7
69	3,435,142	1,048,015	31	467,907	14	1,670,502	49	248,717	7
70	1,586,690	484,078	31	216,126	14	771,604	49	114,882	7
71	744,705	602,456	81	94,721	13	39,338	5	8,190	1
72	4,622,523	2,298,338	50	630,459	14	0	0	1,693,726	37
73	3,540,316	1,760,260	50	482,859	14	0	0	1,297,197	37
74	4,226,033	2,101,202	50	576,383	14	0	0	1,548,449	37
75	6,725,278	3,343,837	50	917,251	14	0	0	2,464,190	37
76	3,504,288	1,742,347	50	477,945	14	0	0	1,283,996	37
Total	989,608,301	375,965,996	38	148,899,588	15	104,030,409	11	360,712,305	36

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Cada unidad de mapeo de acuerdo a sus características geológicas, edáficas y uso de suelo tienen un comportamiento en la recarga hídrica, de esa manera se clasifican en 5 categorías, para el estudio solamente se encuentran las siguientes categorías: muy alta, media o moderada, baja y muy baja.

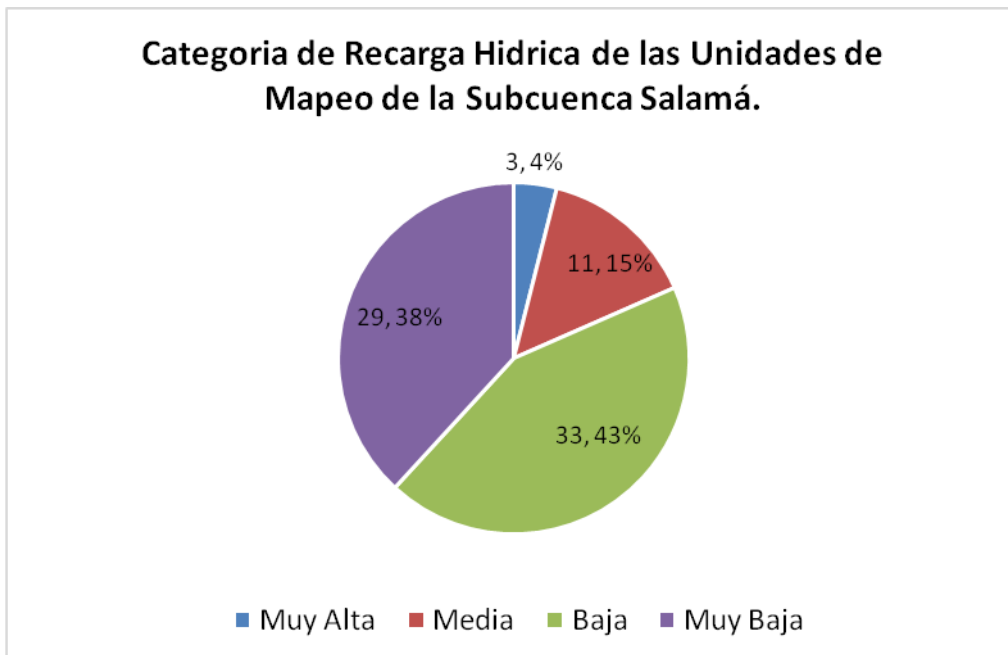


Figura 16: Categoría de recarga hídrica de la subcuenca del río Salamá. Fuente elaboración propia, 2015.

La gráfica anterior indica que dentro de la subcuenca más de dos quintas partes de las unidades de mapeo se clasifican como zonas de recarga hídrica muy baja (43%) y más de una tercera parte de la subcuenca se la clasifica como zona de recarga hídrica baja (38%), en resumen el 81% de las unidades de mapeo se clasifican como zonas de baja o muy baja recarga hídrica por lo que la subcuenca dentro de su recarga hídrica total se clasifica como recarga hídrica baja (lamina anual = 527.0 mm/año).

Cuadro 13: Categorías de recarga hídrica por unidad de mapeo de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

UM	Recarga Hídrica	UM	Recarga Hídrica	UM	Recarga Hídrica
1	Baja	26	Muy Baja	51	Media
2	Baja	27	Muy Baja	52	Media
3	Baja	28	Muy Alta	53	Media
4	Media	29	Muy Alta	54	Muy Baja
5	Baja	30	Media	55	Baja
6	Baja	31	Muy Baja	56	Muy Baja
7	Media	32	Muy Baja	57	Baja
8	Baja	33	Muy Baja	58	Muy Baja
9	Baja	34	Muy Baja	59	Baja
10	Baja	35	Baja	60	Muy Baja
11	Baja	36	Muy Baja	61	Muy Baja
12	Baja	37	Baja	62	Muy Baja
13	Baja	38	Muy Baja	63	Baja
14	Baja	39	Baja	64	Baja
15	Baja	40	Muy Baja	65	Baja
16	Baja	41	Muy Baja	66	Baja
17	Media	42	Muy Baja	67	Baja
18	Media	43	Muy Baja	68	Muy Baja
19	Media	44	Media	69	Muy Baja
20	Muy Baja	45	Baja	70	Muy Baja
21	Muy Baja	46	Baja	71	Muy Baja
22	Muy Baja	47	Baja	72	Baja
23	Muy Baja	48	Muy Baja	73	Baja
24	Muy Baja	49	Muy Alta	74	Baja
25	Muy Baja	50	Media	75	Baja
				76	Baja

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

Dentro de las categoría de recarga hídrica 29 unidades de mapeo están en la categoría muy baja, esta categoría ocupa una quinta parte (20%) de la superficie de la subcuenca, equivalente a 13,836 ha; la categoría de recarga hídrica baja se extiende en dos quintas partes de la subcuenca (41%), es decir 28,072 ha, en esta categoría la conforman 33 unidades de mapeo; la categoría media incluye 11

unidades de mapeo, ocupando una quinta parte (22%) de la subcuenca, con una superficie de 14,992 ha; la categoría muy alta ocupa una sexta parte (17%) de la subcuenca, correspondiente a 11,545 ha y solamente 3 unidades se clasifican en esta categoría.

Con la categoría muy alta de recarga hídrica, se puede indicar que esta superficie o unidades de mapeo deberán de ser sujetas a manejo con fines de recarga.

De este análisis podemos establecer que la protección de 11,545 ha es urgente, sin dejar de considerar las demás categorías, además que se recomienda que el uso del suelo sea en base a su capacidad de uso.

La clasificación anterior de las unidades de mapeo para definir recarga hídrica se realizó en base a láminas anuales de infiltración, la cual se obtiene entre los datos de volúmenes anuales y la extensión de cada unidad.

Además se estimó el volumen de recarga hídrica anual en metros cúbicos al año por cada categoría de recarga hídrica, con esta análisis se procedió a priorizar las áreas más importantes de recarga hídrica por sus aportes hidrológicos a la subcuenca.

Solamente tres unidades de mapeo se clasifican como categoría muy alta, las cuales tienen gran superficie, así como dos sus cobertura vegetal son bosques, este tipo de cobertura garantiza una mejor captación y regulación hidrológica de la cuenca.

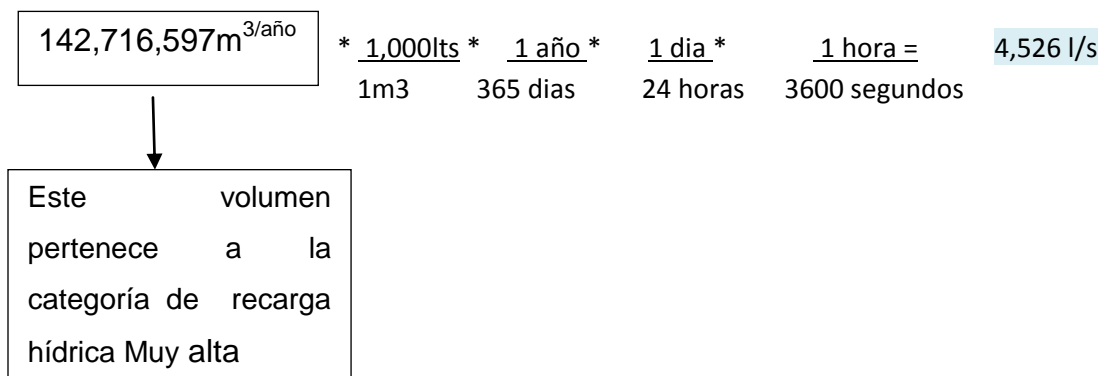
Cuadro 14: Volumen y extensión de las categorías de recarga hídrica de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

Categoría	Volumen		Área	
	m3/año	%	Ha	%
Muy Alta	142,716,597	39.57	11,545.32	16.87
Media	102,035,167	28.29	14,992.11	21.90
Baja	102,190,171	28.33	28,071.53	41.01
Muy Baja	13,770,370	3.82	13,835.72	20.21
Total	360,712,305	100.00	68,445.68	100.00

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

En el cuadro anterior se puede observar los volúmenes anuales de recarga hídrica que aportan las diferentes categorías, donde se observa que la categoría muy alta aporta aproximadamente el 40% de los volúmenes de recarga hídrica, ocupando una sexta parte de la superficie total de la cuenca, esta superficie con los volúmenes estimados alimentan el manto freático, nacimiento y los caudales de la subcuenca, este volumen equivale a un caudal 4,526 l/s; esto significa que podemos regar aproximadamente 4,526 hectáreas dentro de la cuenca o garantizar de agua a 1,955,022 habitantes con una dotación diaria de 200 l/persona/día. Por esta razón las unidades hidrológicas 28, 29 y 49 son importantes por los volúmenes que recargan en la cuenca.

Para Obtener el caudal que aporta la categoría de recarga hídrica muy alta de la subcuenca se realizó a través de una conversión quedando de la siguiente manera.



De igual forma para saber a que cantidad de personas puede abastecer la zona de recarga catalogada como muy alta se realizó una conversión.

$$\boxed{142,716,597 \text{ m}^3/\text{año}} \quad * \frac{1,000 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 39,100,437 \text{ l/día}$$

El resultado obtenido se divide dentro de 200lt que es la cantidad estimada de agua que puede utilizar una persona al día, se obtiene como resultado 1,955,022 habitantes.

La categoría de recarga hídrica catalogada como muy alta se ubica principalmente en la parte alta de la subcuenca dentro del área protegida Sierra de las Minas y áreas próximas a la montaña Quisis que colindan con el área protegida del Biotopo del Quetzal.

Una quinta parte de la subcuenca se clasifica como categoría muy baja y solamente recarga aproximadamente un 4% del volumen total de la recarga hídrica estimada.

Cuadro 15: Recarga hídrica potencial de las unidades de mapeo con cobertura forestal (area y volumen)

Recarga Hídrica	Área		Volumen	
Categoría	Ha	%	m3/año	%
Muy Alta	5,627.70	8.15	68,250,707	18.92
Media	11,510.53	16.68	78,516,358	21.77
Baja	5,268.80	7.64	20,578,534	5.70
Muy Baja	805.05	1.17	1,161,724	0.32
Totales	23,212.08	33.64	168,507,323	46.72

Fuente: elaboración propia, 2015.

La cobertura forestal de la subcuenca del río Salamá representa el 33% de la extensión total, esto equivale a 23,212 hectáreas de las cuales la categoría de recarga Hídrica Muy alta le corresponden 5,627 hectáreas (8%), esta área aporta un volumen de 68,250,707 m³/año.

La Categoría de Recarga Hídrica media tiene un porcentaje de cobertura forestal de 17% , este porcentaje representa 11,510 hectáreas siendo esta categoría de recarga la que mayor cobertura forestal representa.

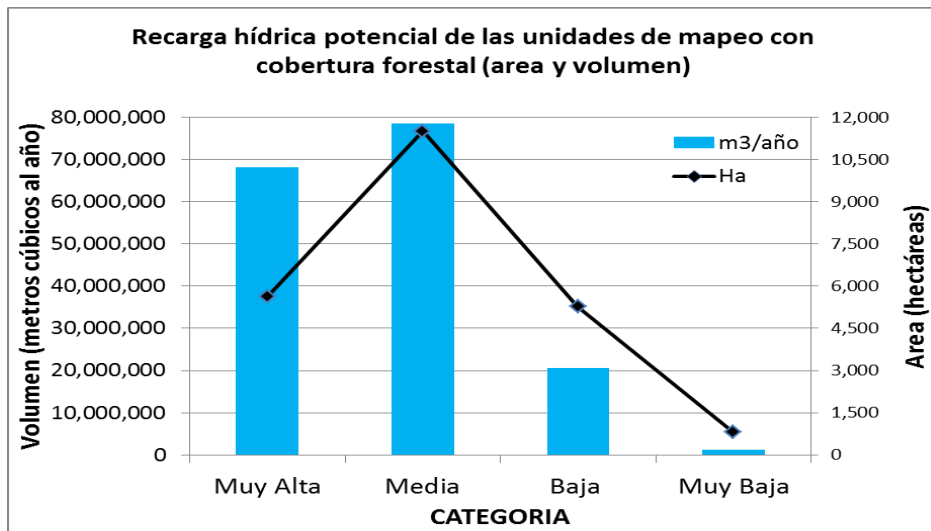


Figura 17: Recarga hídrica Potencial de las unidades de mapeo con Cobertura forestal

En la gráfica se representa las categorías de recarga con el área de cobertura forestal y el volumen de agua que aporta cada una de ellas, siendo la categoría de recarga hídrica Media con mayor cantidad de extensión y la que mayor recarga hídrica representa, le sigue la de recarga hídrica Muy alta con el 19% de aporte de recarga Hídrica. Estas áreas de recarga deben manejarse de acuerdo a su capacidad de uso, es recomendable en estas zonas la protección, la reforestación y la creación de incentivos para la recuperación de áreas forestales.

Cuadro 16: Distribución del área y volumen de las unidades con cobertura forestal.

Recarga Hídrica	Área		CobFor	Volumen		CobFor
Categoría	Ha	%	% Área	m3/año	%	% Volumen
Muy Alta	5,627.70	8.15	24	68,250,707	18.92	41
Media	11,510.53	16.68	50	78,516,358	21.77	47
Baja	5,268.80	7.64	23	20,578,534	5.70	12
Muy Baja	805.05	1.17	3	1,161,724	0.32	1
Totales	23,212.08	33.64	100	168,507,323	46.72	100

Fuente: Elaboracion propia 2015.

Siendo la cobertura forestal del 33% de la Subcuenca y representado el 23,212 hectáreas, en el cuadro anterior se muestra la distribución de las unidades de mapeo consideradas con diferentes categorías de recarga. En el caso de la recarga hídrica baja el área con bosque es de 5,268 hectáreas esto representa el 23% de la cobertura forestal de la subcuenca,.la recarga hídrica media representa el 50% del área de cobertura forestal con una extensión de 11,510 hectáreas y aporta una recarga de 47% en función al volumen que aporta las áreas con cobertura forestal

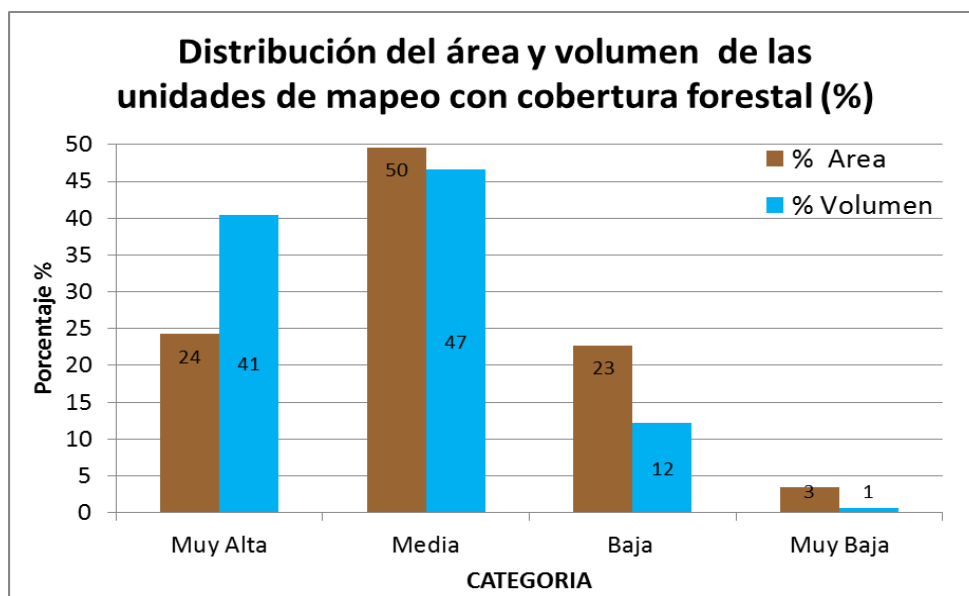


Figura 18: Distribución del área y volumen de las unidades de mapeo con cobertura forestal

En esta grafica se observa la distribución de la extensión y el volumen de las unidades de mapeo según la cobertura forestal, tomando en cuenta que la cobertura es del 33% de la extensión total de la subcuenca.

6.3.2 Balance Hídrico General de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

La subcuenca del río Salamá tiene un volumen de 989.608 millones de metros cúbicos al año por aporte de la precipitación, lo que equivale a una lámina anual de 1,404.5 milímetros. De este volumen la mayor pérdida es la evapotranspiración potencial siendo un 38% de la precipitación, equivalente a 533.6 milímetros al año. La oferta hídrica (escorrentía y recarga hídrica) es el 47% de la precipitación. La escorrentía equivale a un caudal de 3,299 l/s, este caudal puede garantizar riego a 3,299 hectáreas con caudal de 1 l/s, es equivalente a una lámina diaria de 8 mm/ha/día, o se puede suministrar de agua para consumo humano a 1,427,054 personas con un suministro de 200 l/persona/día.

A diferencia de la recarga hídrica que alimenta los acuíferos y está disponible en algún momento en los nacimientos y escorrentía, este volumen aproximado de 361 millones de metros cúbicos equivalen a 4,526 l/seg.

Cuadro 17: Balance hídrico de la subcuenca del río Salamá, Baja Verapaz.

Entrada	Salidas	m3/año	%
Precipitación 989,608,301 m3/año	Evapotranspiración Potencial	375,965,996	38
	Intercepción o Retención	148,899,588	15
	Escorrentía	104,030,409	11
	Recarga Hídrica	360,712,305	36

Fuente: Elaboración propia, 2015.

De acuerdo a la lámina y volúmenes totales anuales de recarga hídrica por hectárea la subcuenca se clasifica como zona de recarga hídrica baja.

Si se utilizara esta información como herramienta para la gestión integrada del recurso hídrico no deberá de existir conflictos o problemas asociados al recurso hídrico, con la oferta hídrica disponible se puede regar 7,825 hectáreas o beneficiar a 3,382,076 de habitantes con el recurso hídrico. Sin embargo la calidad del agua no cumple los parámetros para consumo de la población.

Es importante que la naturaleza también demanda agua y se recomienda mantener un 10% de la escorrentía como caudal ambiental para esta subcuenca será de 10 millones de metros cúbicos que equivale a 330 l/s.

6.3.3 Mapa de Recarga Hídrica de la subcuenca del río Salamá

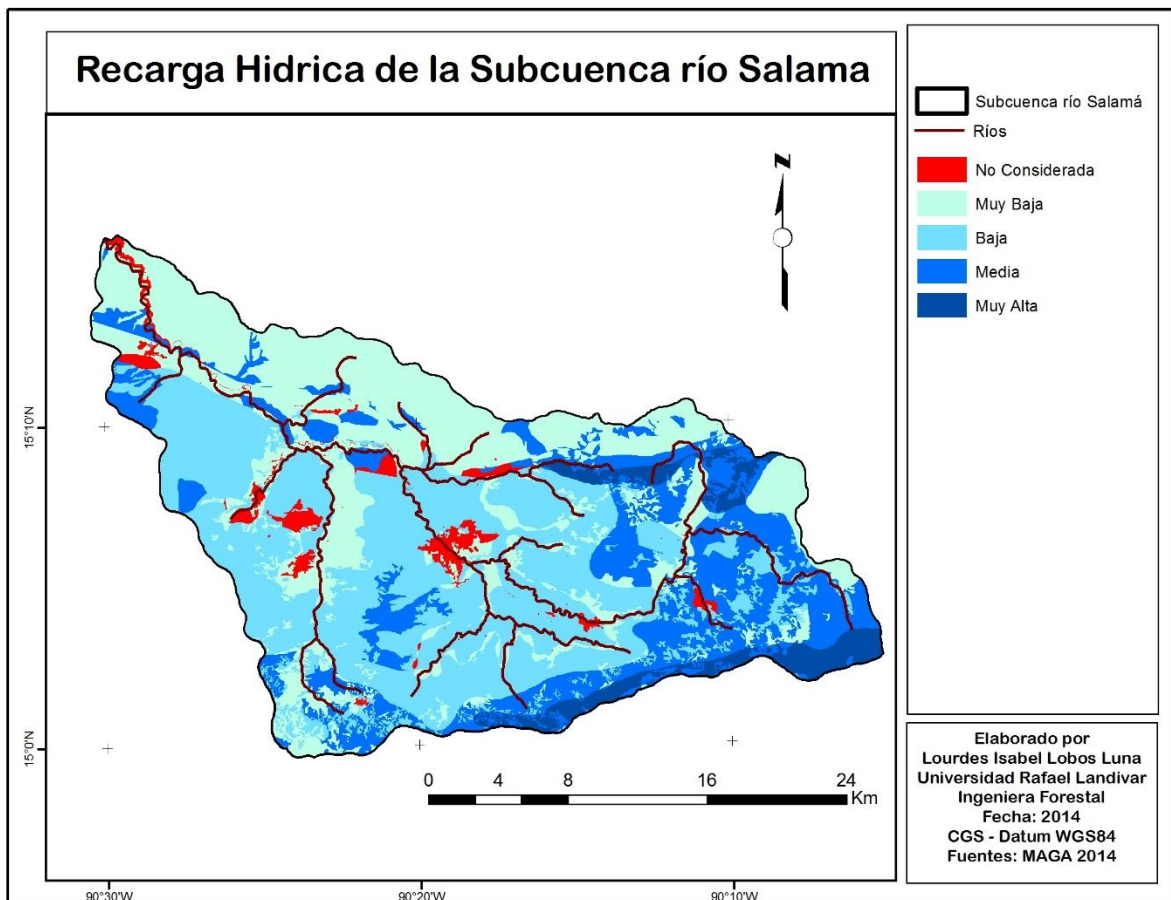


Figura 19: Mapa de Recarga Hídrica de la Subcuenca río Salamá.

En el mapa anterior se puede observar la zona de mayor recarga hídrica, esta superficie es de suma importancia por los volúmenes que aporta al sistema, de esa forma se recomienda que el buen manejo adecuado de estas zonas en la subcuenca garanticen disponibilidad de agua todo el año.

Los recursos hídricos superficiales drenan a la cuenca del río Chixoy, esta cuenca se debe de considerar como la más importante del país por ubicarse en la misma el proyecto hidroeléctrico que suministra el mayor porcentaje de energía eléctrica en el país.

Por lo tanto se deberán de crear programas y proyectos que garanticen el recurso hídrico, así como mecanismos, incentivos o pagos por los servicios ambientales que se generan en las unidades hidrológicas y que sean reconocidos por la sociedad y por los demás usuario del vital líquido.

Las recomendaciones de manejo estarán en función de su capacidad de uso, enfocándose a las tierras forestales (producción y protección), las tierras forestales de producción serán sujetas a manejo forestal sostenible en base a las normas y consideraciones técnicas y propuesta de normas de manejo forestal para la conservación de suelo – INAB –, estas consideraciones y propuestas están en función a la proximidad a las fuentes de agua y pendiente, por lo tanto es necesario que las zona de muy alta recarga hídrica se considere prioritaria, además de estar en la parte alta de la subcuenca.

Para la zona de recarga hídrica media deberán de desarrollarse actividades en beneficio de suelo y agua, esto se puede realizar con el establecimiento de sistemas agroforestales debido a que las actividades principales es la producción agrícola; siempre considerando la capacidad de uso del suelo.

Las categorías baja y muy baja, es necesario que se pueda considerar las actividades productivas de las comunidades debido a que un cambio de actividad productiva de las personas puede generar un impacto, los sistemas agroforestales es la mejor opción para garantizar la regulación y captación hidrológica.

VII. CONCLUSIONES

- Se recopilaron 37 estudios de recarga hídrica realizados a nivel nacional de varias subcuencas y microcuencas generados por diferentes instituciones. A nivel Departamental se recopilaron y sistematizaron 10 estudios de recarga hídrica, de los cuales 6 pertenecen a la cuenca del río Chixoy, 3 son estudios hidrogeológicos, 3 estudios superficiales y 3 estudios pertenecen a la subcuenca del río Salamá.
- En la subcuenca se analizaron tres estudios de recarga hídrica, (Cachil Salamá, Dolores San Miguel y Río San Jerónimo), se analizaron 55 Unidades de Mapeo, Las tres microcuencas sujetas a ser analizadas representan 13 Unidades Geológicas, 22 unidades Taxonómicas y 27 unidades de Uso de suelo o Cobertura Vegetal las cuales fueron analizadas y ordenadas para elaborar el mapa de unidades de mapeo de la subcuenca y determinar la recarga hídrica.
- La recarga hídrica de la subcuenca es de 360,712, 305 m³/año. Este volumen puede abastecer de agua a 3,382,076 habitantes.

VIII. RECOMENDACIONES

- Las zonas de recarga hídrica en la categoría muy alta, deberán ser priorizadas debido a que su extensión garantiza volúmenes considerables para la recarga hídrica, por esa razón se deberán de crear programas y proyectos, que compensen, paguen o incentiven la protección y conservación de estas áreas.
- La cobertura forestal debe aumentarse para tener mayor disponibilidad de recurso hídrico, mayor infiltración y evitar la escorrentía, esta actividad también es importante que se lleve a cabo en áreas de protección, manantiales y ríos.
- Implementar sistemas agroforestales, ya que debido al avance de la frontera agrícola, se pierden los bosques y de esta manera compensar la pérdida de cobertura forestal.
- Socializar y capacitar sobre el estado actual de los recursos naturales y temas como reforestación, conservación y protección de los bosques.
- Ordenar los usuarios del agua a través de comités de cuenca que sean los encargados de velar por el buen uso del recurso hídrico y poder implementar una adecuada gestión del recurso hídrico de la subcuenca, para mitigar y adaptación al cambio climático.
- La información generada en este documento sirva de instrumento para poder desarrollar un plan de manejo de los recursos hídricos, que las instituciones de gobierno y no gubernamentales, presten la atención al mismo para ir priorizando otras áreas de estudio del departamento.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Avalos, O. (2008). Determinación de las áreas principales de recarga hídrica natural de la subcuenca del río Belejeyá del municipio de granados, Baja Verapaz. Tesis ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 137p.
- Anleu R. (2008). Zonificación de la cuenca del río Achiguate – Guacalate: una propuesta de integración de criterios para la reducción del riesgo a desastres. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala. 123 p.
- Aparicio, F. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. México, editorial Limusa. 302 p.
- Bardales, W (s.f). Metodología para la identificación de zonas de recarga hídrica naturales en las cuencas de Guatemala, Guatemala. 10p
- Carramolino, Beatriz (2009). Metodología de la investigación, revisión de estado del arte. Valladolid. Consultado 08 Septiembre 2012. Disponible en. http://www.gsic.uva.es/wikis/yannis/images/3/36/Carramolino_Beatriz_Ml.pdf.
- Corporación Técnica Alemana y Programa para la Descentralización y el Desarrollo Municipal. (2005). Valoración del agua como servicio ambiental para el abastecimiento de agua potable en el casco municipal de San Jerónimo, Baja Verapaz. 54 p.
- Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. v. 1-2, 2350 p.
- FAO, MAGA. MDGIF, Gobierno de la República de Guatemala (2011). Inventario de los recursos naturales en seis microcuencas de los municipios del corredor seco de Baja Verapaz, Guatemala. Programa Conjunto FOGARCLI. 221 p.
- FAO, PNUD, UNICEF, MAGA, MARN, MSPAS, SEGEPLAN. MDGIF. Gobierno de la República de Guatemala (2011). Línea base sobre el estado de los recursos

naturales en 6 microcuencas de municipios priorizados de Baja Verapaz.
Elaborado Programa Conjunto FOGARCLI.

FAO (2007). Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala. 45 p.

Gándara C. Alejandro (2004). Priorización de cuencas y subcuencas hidrográficas para la estimación de recarga hídrica natural, Guatemala, Guatemala. 36p.

Global Water Partnership (GWP) International Network of Basin Organizations, (INBO) (2009). Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas. Londres, Reino Unido. 110 p.

Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223p.

INAB (Instituto Nacional de Bosques) (2005). Programa de investigación de hidrología forestal. Guatemala, Guatemala. 37 p.

INAB FAUSA. 2003. Proyecto de investigación forestal, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala: Metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural; manual capacitación técnica. Guatemala. 106 p.

INSIVUMEH (Instituto de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología) (2010). Conceptos de Hidrología.

Jiménez, F. 2005. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Linsley, A. 1988 Hidrología para ingenieros. 2ed. Mexico. McGraw-Hill. 398 p.

MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala. Memoria técnica. Guatemala. Esc. 1:250,000. 48 p. (Basado en el trabajo de Hugo Tobías y Estuardo Lira).

- Maldonado, B. (2004). Determinación de la recarga hídrica y propuesta de lineamientos de protección de los recursos naturales, aldea Chojzunil, Santa Eulalia, Huehuetenango. Tesis ing. Agr. Universidad de san Carlos de Guatemala. 109 p.
- Mapa geológico de la república de Guatemala, escala 1:1,000,000, Ministerio de agricultura ganadería y alimentación maga, instituto geográfico nacional. 2001
- Martinez y Navarro (1995). Hidrología Forestal. El Ciclo Hidrológico. Universidad de Valladolid, Angelma, S.A Grupo Editor.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, departamento de cuencas hidrograficas (2011). Ficha técnica de cuencas. Nenton, Cuilco, Selegua, naranjo, Xequijel, Atitlan, Xaya-Pixcaya, alto Guacalate, los esclavos, Motagua Salamá, sur –Chixoy Baja Verapaz norte y la región Trifinio. 55 p.
- Monsalve S; G. 1999. Hidrología en la ingeniería. México, Alfaomega Grupo Editor. 383p.
- Noriega, J. (2005). Determinación de las áreas principales de recarga hídrica natural en la microcuenca del rio Sibaca, Chinique, Quiche. Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Universidad de san Carlos de Guatemala. 68p.
- Ramakrishna, B. 1997 Estrategias para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. Conceptos y experiencias. San José C.R. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura, IICA. 319 p.
- Saavedra, O. (2003) Plan de manejo de los recursos naturales De la Subcuenca del rio jones, Rio hondo, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala Guatemala. Universidad Rafaela Landivar. 112p

- Sandoval Illescas, JE. (1999). Principios de regío y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345p.
- Sousa, Maria (2007). Estado del arte. Consultado 08 Sep. 2012. Disponible en: http://perio.unlp.edu.ar/seminario/nivel2/nivel3/el%20estado%20del%20arte_silvina_souza.pdf.
- UICN, Proyecto Tacana (2010). Guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas. 66 p.
- URL, FCAA, Y IARNA (2005). Situación del recurso hídrico en Guatemala. Documento Técnico del Perfil Ambiental de Guatemala. 30 p.
- WWF/ CARE (2010). Evaluación hidrológica de las subcuencas Pasabién y pueblo viejo Guatemala. 108 p.
- WWF/CARE (2010). Evaluación hidrológica del cerro las granadillas y subcuenca priorizada el riachuelo. Zacapa, Guatemala. 98 p.
- WWF/CARE. (2010). Evaluación hidrológica de la montaña el gigante y subcuenca prioriza tacó, Chiquimula, Guatemala. 148 p.

X. ANEXOS

Anexo 1: Boleta de campo para el reconocimiento de unidades de mapeo.

	Lugar	Fecha	Hora
Coordenadas		Altitud	Fisiografía *
Latitud Norte	Longitud Oeste	msnm	
Uso del Suelo **	Extensión ***	Propiedad de la Tierra ****	Pendiente del Terreno %
Profundidad del suelo (cm)	Pedregosidad	Proximidad fuente de agua (metros)	Tipo de fuente *****
Observaciones			

* Ladera, cima, planicie, pie de monte, escarpe.

** Agrícola (tipo de cultivo), forestal (tipo de bosque), pastos (naturales o sembrados), arbustos o matorrales, sistemas agroforestal (café, otro).

*** Extensión: cuerdas, manzanas, hectáreas, caballerías.

**** Propiedad de la Tierra: privada, comunal, municipal, otro.

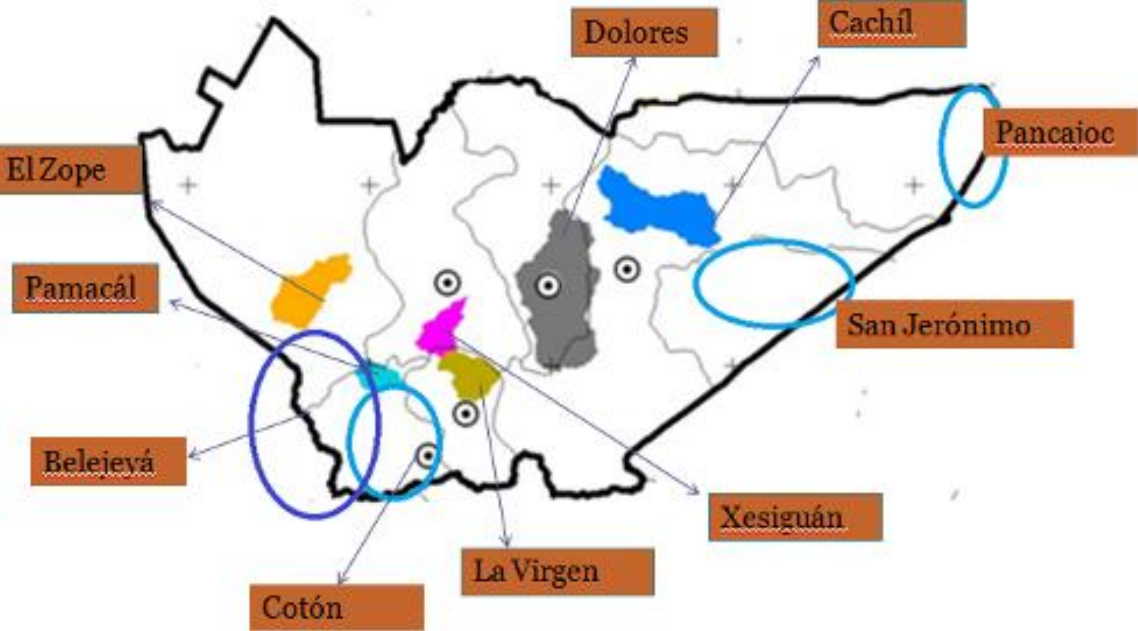
***** Tipo de fuente: pozo, río, riachuelo, nacimiento.

Anexo2: Estudios de recarga Hídrica realizados en el País.

No.	Microcuenca / subcuenca / cuenca	Municipio	Departamento	Año	Autor	Comentario	Institución
1	Belejeyá	Granados	Baja Verapaz	2005	Oscar Avalos	Tesis	FAUSAC – INAB
2	Cotón	Granados / Pachalum	Baja Verapaz / el Quiche	2004	Juan Carlos Fuentes	Tesis maestría	FAUSAC
3	Laguna Calderas	San Vicente Pacaya	Escuintla	2003	Regina Valiente	Supervisor Oscar avalos	ENCA – INAB
4	Tzulba	Joyabaj	El Quiche	2005	Juan Pablo Noriega	Supervisor Oscar avalos	FAUSAC – INAB
5	Sibaca	Zacualpa	El Quiche	2005	Salvador Garcia	Supervisor Oscar avalos	FAUSAC – INAB
6	Riachuelo	Zacapa	Zacapa	2004	Lucky Pocom	Tesis maestría	FAUSAC
6	Cahabon	-----	Alta Verapaz	2005	Jacobo Cotto	40 pruebas de infiltración	FAUSAC – INAB
7	Xequijel		Quetzaltenango	2006	Orsibal Ramirez	Supervisor Oscar avalos	URL – INAB
8	Río frío	Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	2005	Lidamar Cardona	Supervisor Oscar avalos	FAUSAC – INAB
9	Los vados		Santa Rosa	2006	Enrique Castillo		INAB
10	Negro		Santa Rosa	2006	Enrique Castillo		INAB
11	Pasabien	Rio hHondo	Zacapa	2007	Oscar Avalos		FDN – WWF
12	Pueblo Viejo	Panzos	Alta Verapaz	2007	Oscar Avalos		FDN – WWF
13	Chemealon	Tacaná	San Marcos	2008	Enrique Castillo		UICN – INAB
14	Coatancito	San jose ojetenan	San Marcos	2008	Enrique Castillo		UICN – INAB
15	Esquicha	Tacaná	San Marcos	2008	Enrique Castillo		UICN – INAB
16	Sibinal	Sibinal	San marcos	2008	Enrique Castillo		UICN – INAB
17	Cutzulchimá	Tajumulco	San Marcos	2008	Enrique Castillo		UICN – INAB
18	Petalalapa	Tajumulco	San Marcos	2008	Enrique		UICN –

					Castillo		INAB
19	Hato	San Agustín Acasaguastlán	El Progreso	2009	Oscar Avalos		FDN – FODECYT
20	Pancajoc	Purulhá	Baja Verapaz	2009	Oscar Avalos		FDN – FODECYT
21	Zarco	Panzos	Alta Verapaz	2009	Oscar Avalos		FDN – FODECYT
22	San Jerónimo	San Jerónimo	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos	Juan Carlos Rosito	FDN
23	Teculután	Teculután	Zacapa	2010	Oscar Avalos	Juan Carlos Rosito	FDN
24	Cachil	Salamá	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos		PC PNUD MARN
25	San Miguel	San miguel Chicaj	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos		PC PNUD MARN
26	Xesiguan	Rabinal	Baja Verapaz	2010	Oscar Avalos		PC PNUD MARN
27	Torja		Chiquimula	2011	Oscar Avalos		COPAN CHORTÍ
28	El jote		Chiquimula	2011	Oscar Avalos		COPAN CHORTÍ
29	Quebrada Negra		Chiquimula	2011	Oscar Avalos		COPAN CHORTÍ
30	Sarmi		Chiquimula	2011	Oscar Avalos		COPAN CHORTÍ
31	Quiscab	Sololá	Solola		Oscar Avalos	Juan Carlos Rosito	
33	Chemealon	Tacana	San Marcos	2011	Oscar avalos	Aproximación	UICN
34	Negro	San pablo	San Marcos	2011	Oscar avalos	Aproximación	UICN
35	El zope	Cubulco	Baja Verapaz			Hidrogeología	FAO
36	La Virguen	El chol	Baja Verapaz			Hidrogeología	FAO
37	Pamacál	Granados	Baja Verapaz			Hidrogeología	FAO

Anexo 3: Estudios de recarga hídrica de Microcuencas realizados en Baja Verapaz



Fuente: Programa Conjunto, FAO, PNUD.

Anexo 4: Información General de la Microcuenca del río Cachil, Salamá, Baja Verapaz.

U M	Gabinete Inicial 2009			Campo 2010			Laboratorio 2010							Gabinete Final 2010				
	Cachil	Salama	Uso Suelo	Altitud	Uso Suelo	Velocidad Infiltración	Densidad Aparente	Textura %			Clase	Constantes Humedad		Balance Hídrico mm/año				
	Geología	Taxonomía Suelos	2006	msnm	2010	mm/día	gr/cc	Arcilla	Arena	Limo	Textural	CC %	PMP %	Pp	ETR	INT/RET	ESC	REC HID
1	JKts	UdPd, Vs	Bosque Mixto	1430	Bosque Mixto	682.78	0.9524	39.27	15.67	45.1	Arcillo Arenoso	62.2	48.33	1880.35	36.67	20.16	0.00	43.98
2	JKts	UdPd, Vs	Arbustos	1040	Arbustos	213.25	1.3793	24.57	26.17	49.3	Franco Arcillo Arenoso	22.96	10.64	660.55	6.25	1.25	0.84	0.26
3	Pi	Eo	Arbustos	1090	Arbustos	832.98	1.0256	24.57	17.77	57.7	Franco Arcillo Arenoso	40.24	30.5	929.55	60.42	11.91	0.00	21.67
4	Pi	Eo, Ep, PsEoMs	Arbustos	1140	Arbustos	1,388.99	1.0256	22.47	17.77	59.8	Franco Arcillo Arenoso	50.6	39.01	973.25	91.14	18.06	0.00	34.79
5	Pi	UdPd	Arbustos	1410	Arbustos	206.57	1.1429	28.77	19.87	51.4	Franco Arcillo Arenoso	39.61	28.14	1817.74	147.84	47.63	42.45	158.99
6	Pi	UdPd	Arbustos	1640	Arbustos	353.67	1.2121	24.57	17.77	57.7	Franco Arcillo Arenoso	35.62	25.21	2462.03	43.60	19.52	0.09	99.45
7	Pi	UdPd	Pastos – Bosque	1600	Pastos – Bosque	247.58	1.25	20.37	21.97	57.7	Franco Arcillo Arenoso	32.85	22.96	2521.57	31.35	14.57	14.91	60.60

8	Pzm	EoPs	Arbustos	1130	Arbustos	927.16	1.4286	24.57	21.97	53.5	Franco Arcillo Arenoso	21.53	8.44	1092.09	34.73	7.55	0.00	19.18
9	Pzm	EoPs	Bosque Mixto	1620	Bosque Mixto	21.42	1.11	51.87	26.17	22	Arcilloso	38.4	21.52	2474.51	40.85	31.66	82.07	3.71
10	Pzm	EoPs, PS EoMs	Pastos	1360	Pastos	89.82	1.3793	30.87	24.57	34.6	Franco Arcillo Arenoso	25.03	8.88	2096.08	34.24	22.31	34.49	20.51
11	Pzm	UdPd	Bosque Mixto	1500	Bosque Mixto	765.81	1.3333	24.57	24.07	51.4	Franco Arcillo Arenoso	15.98	8.41	2105.47	22.88	8.56	0.00	39.92
12	Pi	Vs	Pastos – Arbustos	980	Pastos – Arbustos	475.03	1.1429	26.67	11.47	61.9	Franco Arcillo Arenoso	37	27.48	585.41	14.24	2.82	0.01	1.22
13	Pzm	UdPd	Bosque Encino	1370	Bosque Encino	565.29	1.4286	22.47	30.37	47.2	Franco	21.17	7.96	1692.46	19.88	9.73	0.00	19.04
14	Qp	Vs, UdPd, PsEoMs	Pastos	960	Pastos	337.65	1.1429	35.07	32.47	32.5	Franco Arcilloso	31.61	18.03	414.35	19.94	3.13	1.30	0.27
15	JKts	Eo, EoPs, PsEoMs	Arbustos	1160	Arbustos	387.7	1.4286	30.87	17.77	51.4	Franco Arcillo Arenoso	20.67	10.44	1473.74	16.91	4.40	0.00	15.34

Anexo 5: Información General de la microcuenca del río San Miguel o Dolores, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

Gabinete Inicial 2009			Campo 2010			Laboratorio 2010							Gabinete Final 2010					
UM	San Miguel	San Miguel Chicaj	Uso Suelo	Altitud	Uso Suelo	Velocidad Infiltración	Densidad Aparente	Textura %			Clase	Constantes Humedad		Balance Hídrico mm/año				
	Geología	Taxonomía Suelos	2006	msnm	2010	mm/día	gr/cc	Arcilla	Arena	Limo	Textural	CC %	PMP %	Pp	ETR	INT/RET	ESC	REC HID
1	CPsr	EoPs	Pastos	958	Arbustos y Matorrales	242.84	1.1111	36.04	43.72	20.24	Franco Arcilloso	20.25	14.36	969.4	458.3	132.2	87	291.9
2	CPsr	EoPs	Pastos, Bosque	1481	Bosque	461.23	1.4286	12.94	66.82	20.24	Franco Arcilloso	8.32	4.05	1606.3	565.2	203.5	8.8	828.8
3	I	EoPsPsLs	Agricultura	933	Arbustos y Matorrales	1469.27	1.1765	19.24	50.02	30.74	Franco	12.66	9.08	938.9	454.4	128.1	0	356.4
4	Pzm	PsLs	Agricultura	1007	Agricultura	136.21	1.1765	25.24	41.62	32.84	Franco	23.51	15.6	1029	461.4	138.9	242	186.7
5	Pzm	PsLs	Agricultura	1023	Arbustos y Matorrales	85.9	1.4286	21.24	56.32	22.34	Franco Arcillo Arenoso	12.21	6.39	1048.5	451.3	140.9	351.5	104.9
6	Pzm	PsLs	Bosque Encino	1405	Bosque	39.23	1.3793	33.94	43.72	22.34	Franco Arcillo Arenoso	18.79	10.5	1513.8	577.3	308.9	589.5	38
7	Pzm	PsLs	Cafetal	1374	Pasto	46.6	1.2903	22.34	60.52	18.14	Franco Arcillo Arenoso	11.7	8.24	14.76	493.7	301.6	522	158.7

8	Pzm	EoPs	Agricultura	1408	Agricultura	74.5	1.4286	15.04	60.52	24.44	Franco Arcilloso	10.83	5.66	1517.4	512.5	193.7	560.6	250.7
9	Pzm	EoPs	Bosque		Arbustos y Matorrales	109.4	1.25	25.54	47.92	26.54	Franco Arcillo Arenoso	17.03	10.37	1434.6	604.8	293.7	258.2	278
10	Psm	EoPs	Guamil	1043	Arbustos y Matorrales	137.68	1.3793	25.54	43.72	30.74	Franco	13.95	7.2	1072.9	488.8	143.5	203.8	236.8
11	Qp	EoPs	Cafetal	928	Agricultura	60.68	1.2903	27.64	52.12	20.24	Franco Arcillo Arenoso	17.1	9.84	932.8	436.6	197.6	276.6	22.1
12	Qp	PsLs	Agricultura	974	Agricultura	43.39	1.1429	33.94	41.62	24.44	Franco Arcilloso	22.63	18.27	988.9	301.7	134.7	480.9	71.5
13	Qp	Vs	Matorral	911	Pasto	3202.6	1.1111	12.94	68.92	18.14	Franco Arcilloso	8.48	5.79	912.1	453.5	124.4	0	334.3
14	CPsr	Eo	Arbustos	917	Arbustos y Matorrales	7147.55	1.0256	12.94	60.52	26.54	Franco Arcilloso	9.31	7.76	919.4	447.3	125.5	0	346.7
15	Qp	EoPsPsLs	Matorral	989	Arbustos y Matorrales	469.6	1.3793	21.34	64.72	13.94	Franco Arcillo Arenoso	9.64	4.91	1007.1	496	136.6	0	374.5

Anexo 6: información General de la Microcuenca del ríos Xesiguan, Rabinal, Baja Verapaz.

		Gabinete Inicial 2009		Campo 2010			Laboratorio 2010							Gabinete Final 2010					
		Xesigun	Rabinal	Uso Suelo	Altitud	Uso Suelo	Velocidad Infiltración	Densidad Aparente	Textura %			Clase	Constantes Humedad		Balance Hídrico mm/año				
UM	Geología	Taxonomía Suelos	2006	msnm	2010	mm/día	gr/cc	Arcilla	Arena	Limo	Textural	CC %	PMP %	Pp	ETR	INT/RET	ESC	REC HID	
1	Pzm	EoPs	Bosque	1249	Bosque Mixto	192.51	1.1765	26.67	44.31	29.02	Franco	21.55	14.3	1382.5	614.1	283.5	96.6	388.1	
2	Pzm	PsLs	Agricultura	1383	Agricultura	91.87	1.1429	30.87	48.51	20.62	Franco Arcillo Arenoso	18.92	11.7	1523.8	527	193.9	492.4	310.6	
3	Pzm	PsLs	Bosque		Bosque Encino	176.86	1.2121	20.37	52.71	26.92	Franco Arcillo Arenoso	14.7	9.35	1789.7	621.9	362.6	154.7	650.4	
4	Pzm	EoPs	Agricultura	1052	Pasto	149.66	1.0526	37.17	35.91	26.92	Franco Arcilloso	30.68	23.59	1174.7	498.4	153.7	264.3	258.4	
5	Pzm	PsLs	Pasto	1041	Pasto	223.43	1.25	18.27	59.01	22.72	Franco Arenoso	16.55	10.89	1163.1	501.4	152.3	164.9	344.5	
6	Qp	PsEoMs,EoPs	Pasto	1027	Pasto-Arboles dispersos	436.07	1.2903	16.17	59.01	24.82	Franco Arenoso	12.17	6.8	1148.4	510.1	150.6	0	519.1	
7	Pzm	PsEoMs	Agricultura	1024	Pasto-Arboles dispersos	26.02	1.1765	37.17	35.91	26.92	Franco Arcilloso	29.51	18.83	1145.2	407.4	150.2	613.8	43.2	
8	Pzm	EoPs	Arbustos y Matorrales	1940	Arbustos-Matorrales	52.3	1.0256	26.67	50.61	22.72	Franco Arcillo Arenoso	22.72	12.18	2111.3	538.6	323.4	830.5	418.7	

9	Pzm	EoPs	Arbustos y Matorrales	1073	Arbustos-Matorrales	72.34	1.2121	30.87	44.31	24.82	Franco Arcillo Arenoso	18.53	13.18	1196.9	470.8	190.8	383.3	151.9
10	Pzm	PSLs	Pasto		Pasto	149.57	1.1765	37.17	44.31	18.52	Franco Arcilloso	24.26	18.48	1747.4	549	219.2	395.8	583.5

Anexo 7: Información general de la microcuenca del río Belejeja, Granados, Baja Verapaz.

		Gabinete Inicial 2009			Campo 2010			Laboratorio 2010						Gabinete Final 2010					
		Belejeja	Granados	Uso Suelo	Altitud	Uso Suelo	Velocidad Infiltración	Densidad Aparente	Textura %			Clase	Constantes Humedad		Balance Hídrico mm/año				
UM	Geología	Taxonomía Suelos	2004	msnm	2010	mm/día	gr/cc	Arcilla	Arena	Limo	Textural	CC %	PMP %	Pp	ETR	INT/RE T	ESC	REC HID	
1	Klc	Orthents (Eo).	Reforestación (Pino)	607		76.74	1.2121	17.89	56.91	25.2	Franco Arenoso	16.55	9.1	1077.7	476.32	144.4	380.43	76.74	
2	Kps	Orthents (Eo).	Bosque (Encino)	2426		963.24	0.7843	6.47	67.58	25.96	Franco Arenoso	92.38	62.66	1917	584.6	386.28	0	963.24	
3	Kps	Orthents (Eo).	Bosque (Pino)	1650		375.07	1.1765	19.07	40.28	40.66	Franco	18.03	11	1517.3	724.75	197.67	396.87	435.11	
4	Kps	Orthents (Eo).	Pasto	8879		78.39	1.1765	22.34	53.21	24.44	Franco Arcillo Arenoso	31.41	15.52	1525.4	550.88	315.36	390.15	375.07	
5	Kps	Orthents (Eo).	Pasto	813		241.76	1.2121	18.14	63.71	18.14	Franco Arenoso	28.52	16.57	1517.3	487.67	197.67	396.87	435.11	
6	Kps	Orthents (Eo).	Guamil	1633		435.11	0.9756	29.57	40.28	30.15	Franco	30.42	21.18	1162.1	676.98	243.36	0	241.76	

7	Kps	Orthents (Eo).	Bosque (Encino)	781		178.54	1.2121	37.21	35.49	27.3	Franco Arcilloso	27.21	21.39	1148.5	517.94	152.89	299.13	178.54
8	Peg	Orthents (Eo).	Pasto	1277		0	1.1111	32.42	51.53	16.04	Franco Arcillo Arenoso	21.84	15.45	1362	432.46	283.18	723.83	0
9	Peg	Orthents (Eo).	Bosque (Encino)	1389		17.01	1.1111	37.04	46.91	16.04	Franco Arenoso	26.32	17.49	1410.2	545.16	292.24	603.39	17.01
10	Pgcfb	Orthents (Eo).	Bosque (Pino)	1175		11.32	1.1111	17.72	66.99	15.29	Franco Arenoso	17.27	8.99	1318.4	555.55	274.48	560.57	11.32
11	Pgcfb	Orthents (Eo).	Pasto	1026		397.72	1.2121	11.84	67.91	20.24	Franco Arenoso	12.25	5.35	1254.1	488.16	166.14	202.09	397.72
12	Pgcfm	Orthents (Eo).	Cultivo (sorgo)	1669		355.03	0.9524	33.77	44.48	21.76	Franco Arcilloso	36.13	24.16	1534.8	587.71	317.5	274.56	355.03
13	Pgcfm	Orthents (Eo).	Bosque (Latifoliado)	1522		330.72	1.1429	13.52	60.69	25.79	Franco Arcilloso	14.36	9.55	1467.3	439.05	191.81	505.6	330.83
14	Pgcm	Orthents (Eo).	Bosque (Latifoliado)	1118		415.95	1.0256	13.52	68.33	18.14	Franco Arcilloso	16.63	8.34	1293.6	608.11	269.54	0	415.95
15	Pgcm	Orthents (Eo).	Bosque (Pino)	1058		427.68	1.1429	17.72	64.13	18.14	Franco Arcilloso	14.61	8.34	1267.9	516.75	167.9	155.57	427.68
16	Qac	Orthents (Eo).	Pasto	869		505.55	1.3333	14.11	45.99	39.9	Franco	10.7	6.49	1186.5	523.54	157.71	0	505.55
17	Qtv	Orthents (Eo).	Cultivo (Maíz)	733		180.31	1.2903	20.24	53.21	26.54	Franco Arcillo Arenoso	21.81	10.98	1128.01	665.94	236.61	45.14	180.31