

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA



“TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN: EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ EL  
CHOL, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A Y DEPARTAMENTO DE CUENCAS  
HIDROGRÁFICAS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y  
ALIMENTACIÓN

MIGUEL ANGEL ARGUETA ESCOBAR

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2011



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ EL  
CHOL, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A Y DEPARTAMENTO DE CUENCAS  
HIDROGRÁFICAS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y  
ALIMENTACIÓN

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

POR

MIGUEL ANGEL ARGUETA ESCOBAR

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2011



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Lic. Caros Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Bachiller Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL QUINTO	P. Agr. Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2011



Guatemala, septiembre de 2011

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en el Municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, y Departamento De Cuencas Hidrográficas Del Ministerio De Agricultura Ganadería Y Alimentación como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola o Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, suscribo la presente

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Miguel Angel Argueta Escobar



## ACTO QUE DEDICO

**A DIOS:** por haberme dado la fuerza, la salud, trabajo, entendimiento para cumplir con mis objetivos

**A mi honorable PADRE:** Ángel René Argueta Romero, pues su fortaleza fue mi gran inspiración para culminar con la carrera.

**A mi Queridísima MADRE:** Zandra Argentina Escobar Nieves de Argueta, pues su apoyo incondicional fue mi respaldo más grande en el transcurso de la carrera.

**A mi sobrino Brandon:** para que el logro que he alcanzado le sirva de ejemplo y motivación en su vida.

**A mi hermanita Lorena:** por haber realizado muchos trámites de revisión del documento de investigación.

**A mi hermano René:** pues es un ejemplo de superación ante las adversidades.

## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

**A mis tíos:** Byron Salazar y Azucena Escobar de Salazar, por el apoyo brindado a mi familia cuando todas las puertas se cerraron.

**A mis queridas primas:** Salazar Escobar, por haber estado conmigo y mi familia en todo momento.

**A mi amada novia:** María de los Ángeles Cano Gómez, pues su apoyo, cariño, amor y compromiso han sido cruciales en la culminación de la carrera.



## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Facultad de Agronomía:** por brindarme los conocimientos y conciencia social sobre la problemática del área rural de Guatemala.

**Al Departamento de Cuencas hidrográficas del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación:** por el apoyo brindado en el Ejercicio Profesional Supervisado

**A mi compañera de trabajo:** Regina Valiente pues su insistencia constante fue una de las motivaciones principales por la cual culmine mi trabajo de investigación.

**A mis compañeros de estudios:** ya que la amistad que recibí de ellos, fue parte importante de mi vida como estudiante.



## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>1 CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 <i>General</i> .....	4
1.3.2 <i>Específicos</i> .....	4
1.4 METODOLOGÍA.....	4
1.4.1 <i>Primera fase de gabinete</i> .....	4
1.4.2 <i>Elaboración de mapas digitales</i> .....	5
1.4.3 <i>Determinación de capacidad de uso de la tierra</i> .....	5
1.4.4 <i>Fase de campo</i> .....	6
1.4.5 <i>Segunda fase de gabinete</i> .....	6
1.5 RESULTADOS.....	7
1.5.1 <i>Recursos Naturales</i> .....	7
1.5.2 <i>Aspectos Sociales</i> .....	14
1.5.3 <i>Características socioeconómicas</i> .....	15
1.5.4 <i>Actividades productivas</i> .....	20
1.5.5 <i>Aspectos económicos</i> .....	24
1.6 CONCLUSIONES.....	25
1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	27
1.8 ANEXOS.....	28
1.8.1 <i>Anexo 1: Mapas de zonas climáticas</i> .....	28
1.8.2 <i>Anexo 2: Mapa de geología</i> .....	28
1.8.3 <i>Anexo 3: Mapas de serie de suelos</i> .....	29
1.8.4 <i>Anexo 4: Mapas de clasificación de pendientes según metodología INAB</i> .....	29

<b>2</b>	<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>31</b>
2.1	PRESENTACIÓN.....	32
2.2	MARCO TEÓRICO .....	33
2.2.1	<i>Marco conceptual</i> .....	33
2.2.2	<i>Marco referencial</i> .....	43
2.3	OBJETIVOS.....	49
2.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	49
2.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
2.4	METODOLOGÍA .....	50
2.4.1	<i>Fase I Gabinete Inicial</i> .....	50
2.4.2	<i>Fase II elaboración de mapas temáticos</i> .....	51
2.4.3	<i>Fase III toma de datos en campo</i> .....	53
2.4.4	<i>Fase III Gabinete Final</i> .....	54
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	62
2.5.1	<i>Unidades de mapeo</i> .....	62
2.5.2	<i>Información climática</i> .....	62
2.5.3	<i>Calculo de Isoyetas</i> .....	63
2.5.4	<i>Cálculo de Isotermas</i> .....	67
2.5.5	<i>Calculo de la infiltración básica</i> .....	71
2.5.6	<i>Densidad aparente, textura y constantes de humedad</i> .....	72
2.5.7	<i>Aforo de manantiales y aforos diferenciales</i> .....	73
2.5.8	<i>Cálculo de recarga hídrica natural</i> .....	76
2.5.9	<i>Determinación de las zonas de mayor recarga hídrica natural de la microcuenca Río El Cho, Baja Verapaz Guatemala, C.A.</i> .....	77
2.5.10	<i>Balance hídrico de suelos</i> .....	79
2.5.11	<i>Mapa de recarga hídrica de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.</i> .....	81
2.5.12	<i>Elaboración de mapa de áreas críticas de recarga hídrica</i> .....	83
2.6	CONCLUSIONES .....	84
2.7	RECOMENDACIONES.....	85
2.8	BIBLIOGRAFÍA.....	86

2.9	ANEXOS .....	88
2.9.1	<i>Anexo 1: Balance hídrico Gunter Schosisnky.....</i>	88
2.9.2	<i>Anexo 2 pruebas de infiltración.....</i>	89
2.9.3	<i>Anexo 3 Aforos de fuentes de agua, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala C.A. ....</i>	99
2.9.4	<i>Anexo 4: Balance Hídrico.....</i>	100
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>109</b>
3.1	PRESENTACIÓN.....	110
3.1.1	<i>Servicio: Actualización del mapa de capacidad de uso de la tierra del Municipio de Santa Cruz el Chol Baja Verapaz, Guatemala C.A.....</i>	111
3.1.2	<i>Servicio: Generación de la Base Cartográfica del municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....</i>	116
3.1.3	<i>Servicio: Capacitación de 15 productores en la elaboración y construcción de acequias de infiltración con barreras vivas en el municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala C.A. ....</i>	125
3.2	CONCLUSIONES.....	129
3.3	RECOMENDACIONES .....	129
3.4	BIBLIOGRAFÍA .....	130
3.5	ANEXOS .....	131

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1: Temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales de la estación meteorológica Cubulco, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	7
Cuadro 2: Precipitaciones medias mensuales de la estación metereológica Cubulco, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	7
Cuadro 3: Humedad Relativa en porcentaje mensual de la estación metereológica Cubulco, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	8
Cuadro 4: Cambio de caudal del Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	9
Cuadro 5: <i>Uso de tierras con bosques del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....</i>	11
Cuadro 6: Especies de animales silvestres más comunes del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	13
Cuadro 7: Distribución de población por sexo de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	15
Cuadro 8: Principales causas de morbilidad general de las enfermedades no transmisibles en Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	17
Cuadro 9: Diez primeras causas de morbilidad infantil en Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	18
Cuadro 10: Indicadores que atienden al saneamiento ambiental y sanidad domiciliar.....	18
Cuadro 11: Principales productos agrícolas en superficie cosechada, producción y rendimiento por área cultivada.de la microcuenca Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	21
Cuadro 12: Producción obtenida de cultivos anuales o temporales.....	22
Cuadro 13: Régimen de tenencia mixto de la tierra en el municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	25
Cuadro 14: Colindancias de la microcuenca del río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	45
Cuadro 15: Rangos de pendientes según metodología INAB.....	45

Cuadro 16: Uso de tierras con bosques del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	47
Cuadro 17: Estaciones Climáticas utilizadas en la estimación de la recarga hídrica del la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	50
Cuadro 18: Unidades de muestreo, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	51
Cuadro 19: Valores de Infiltración por Efecto de la Pendiente (Kp). .....	57
Cuadro 20: Valores de Infiltración por Efecto de la Cobertura Vegetal (Kv).....	58
Cuadro 21: Criterios de geología.....	59
Cuadro 22: Criterios de infiltración .....	59
Cuadro 23: <i>Criterios de recarga</i> .....	60
Cuadro 24: <i>Criterios de pendiente</i> .....	60
Cuadro 25: Criterios de susceptibilidad de las áreas a ser consideradas críticas de recarga hídrica natural .....	61
Cuadro 26: Clasificación de zonas de mayor recarga hídrica natural por medio de la recarga natural .....	61
Cuadro 27: Ubicación Puntos de muestreo, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	62
Cuadro 28: Precipitación pluvial promedio mensual (mm) de la estación Concuá de INSIVUMEH para los años 1968-1977.....	65
Cuadro 29: Datos de precipitación pluvial (mm) mensual Don Pedro y Medio Monte de Instituto Nacional de Bosques en el Cerro Tuncaj para los años 2003-2005. ....	66
Cuadro 30: Datos de precipitación (mm) de a cuerdo con la diferencia altitudinal, Microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	66
Cuadro 31: Precipitación pluvial promedio mensual (mm) de las unidades de muestreo. ....	67
Cuadro 32: Datos de la temperatura °C de la estación Don Pedro. ....	68
Cuadro 33: Datos de la temperatura °C de la estación Medio Monte.....	68
Cuadro 34: Datos de la temperatura media (°C) de acuerdo al cálculo de Isotermas.....	69

Cuadro 35: Valores de Infiltración básica para la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A para el año 2010. ....	72
Cuadro 36: Análisis físico de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	73
Cuadro 37: Aforos de manantiales ubicados en comunidades de la parte alta de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	74
Cuadro 38: Caudales resultantes del aforo diferencial ( $m^3$ ) del río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	76
Cuadro 39: Cálculos del balance hídrico de suelos por unidad de mapeo. ....	77
Cuadro 40: Volúmenes totales en $m^3/año$ del balance hídrico en base a la extensión de cada unidad de mapeo. ....	78
Cuadro 41: Balance hídrico de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	79
Cuadro 42: Rangos de infiltración según criterio propuesto por Herrera 2002, para la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	81
Cuadro 43 A: Prueba de infiltración 1, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	89
Cuadro 44 A: Prueba de infiltración 2, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	90
Cuadro 45 A: Prueba de infiltración 3, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	91
Cuadro 46 A: prueba de infiltración 4, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	92
Cuadro 47 A: Prueba de infiltración 5, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	93
Cuadro 48 A: Prueba de infiltración 6, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	94
Cuadro 49 A: Prueba de infiltración 7, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	95
Cuadro 50 A: Prueba de infiltración 8, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	96

Cuadro 51 A: prueba de infiltración 9, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.....	97
Cuadro 52 Prueba de infiltración 10, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.....	98
Cuadro 53 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Marajuma Bosque, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A. ....	100
Cuadro 54 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Marajuma Cultivos, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A. ....	101
Cuadro 55 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Marajuma Bosque, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A. ....	102
Cuadro 56 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Chol Bosque, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.....	103
Cuadro 57 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Chol Cultivo, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.....	104
Cuadro 58 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Chol Bosques, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.....	105
Cuadro 59 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Acasaguastlan Bosques, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A. ....	106
Cuadro 60 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Acasaguastlan Cultivo, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A. ....	107
Cuadro 61 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Acasaguastlan Pastos, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A. ....	108
Cuadro 62: Capacidad de uso del suelo del municipio el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	114
Cuadro 63: Intensidad de uso de la tierra, Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	115
Cuadro 64: Cuerpos de agua del Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	117
Cuadro 65: Centros poblados del Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	119

Cuadro 66: Serie de suelos según Simmons del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	121
Cuadro 67: Zonas de Vida del Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	122
Cuadro 68: Uso del suelo 2009 del municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	124

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1: Caudal del Río El Chol del año 1984 a 2009 .....	9
Figura 2 A: Mapa de zonas climáticas de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	28
Figura 3 A: Mapa de geología de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	28
Figura 4 A: Mapa de serie de suelos de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	29
Figura 5 A: Mapa de clasificación de pendientes de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	29
Figura 6 : Mapa de Ubicación microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	44
Figura 7 : Mapa de red Hidrológica, puntos de muestreo y de aforos diferenciales, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	48
Figura 8: Mapa de unidades de muestreo, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	52
Figura 9: Clima diagrama de la microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	62
Figura 10 : Mapa de de Isoyetas, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	64
Figura 11 : Mapa de de Isotermas, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.....	70

Figura 12 : Mapa de Clasificación de la recarga Hídrica Natural, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	80
Figura 13 : Mapa de áreas críticas de recarga hídrica, Baja Verapaz, Guatemala, C.A .....	82
Figura 14 A: Prueba de infiltración 1 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	89
Figura 15 A: Prueba de infiltración 2 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	90
Figura 16 A: Prueba de infiltración 3 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	91
Figura 17 A: Prueba de infiltración 4 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	92
Figura 18 A: Prueba de infiltración 5 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	93
Figura 19 A: Prueba de infiltración 6 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	94
Figura 20 A: Prueba de infiltración 7 mm/dio, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	95
Figura 21 A: Prueba de infiltración 8 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	96
Figura 22 A: Prueba de infiltración 9 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	97
Figura 23 A: Prueba de infiltración 10 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A. ....	98
Figura 24 A: Mapa de Ubicación de fuentes de Agua de la microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala C.A. ....	99
Figura 25 : Elaboración de nivel en A.....	126
Figura 26: Trazado de curvas a nivel. ....	127
Figura 27 : Construcciones de estructura de conservación de suelos .....	128
Figura 28 A: Grupo de productores capacitados .....	131

Figura 29 A: Mapa Base Municipio de Santa Cruz el Chol Baja Verapaz, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	132
Figura 30 A: Mapa de cuerpos de Agua del Municipio de Santa Cruz el Chol Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	133
Figura 31 A: Mapa de serie de suelos Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	134
Figura 32 A: Mapa de zonas de vida del municipio San Cruz el Chol, , Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	135
Figura 33 A: Mapa de uso de la tierra municipio Santa Cruz el Chol 2009, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	136
Figura 34 A: Mapa de capacidad de uso de la tierra municipio Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	137
Figura 35 A: Mapa intensidad de uso de la tierra municipio Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A. ....	138

**“TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN: EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA VERAPAZ, Y EN EL DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN”**

**RESUMEN**

La microcuenca del Río El Chol se encuentra ubicada dentro del municipio de Santa Cruz El Chol, departamento de Baja Verapaz, tiene una superficie de 39 km<sup>2</sup> que son aproximadamente unas 3,978 hectáreas, limita al norte con el municipio de Rabinal, al sur con el Departamento de Guatemala, al este con Salamá, y al oeste con el municipio de Granados. La altitud es de 900 msnm que corresponde a la parte baja de la microcuenca, en la parte alta de la llega a los 2100 msnm y coincide con el límite municipal de Santa Cruz el Chol que forma parte de la cima del Cerro Tuncaj, que es un área de importancia en cuanto a recursos naturales.

El municipio Santa Cruz El Chol se encuentra dentro del área del corredor seco del país, por lo que presenta características particulares como la vegetación natural con bosques de asociaciones Pino Encino, baja disponibilidad y alta demanda del agua para consumo humano, agricultura de subsistencia, tala inmoderada de bosques de que se encuentran en zonas de recarga hídrica, contaminación de fuentes de nacimientos y/o destrucción de las mismas a causa de la deforestación y del uso de dichas áreas para establecimiento de cultivos limpios, lo que reduce la infiltración de dichas áreas por lo que disminuye el caudal de los manantiales que abastecen a las comunidades del área rural de la microcuenca Río el Chol.

Por la problemática expuesta se implementa el Programa conjunto en el año 2009, que es un esfuerzo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala el Departamento de Cuencas Hidrográficas del MAGA, dicho programa aporta su particular especialización de tal forma que a través del manejo de microcuencas del corredor seco y se encarga de la eficiente coordinación y cooperación para garantizar el mejor aprovechamiento de los recursos naturales y el

desarrollo comunitario. Es debido este programa surge la necesidad de realizar un estudio de identificación de zonas críticas de recarga hídrica de la microcuenca Río el Chol, para la elaboración de planes de manejo de recursos naturales.

En el presente estudio se realizó una identificación de las zonas con mayor potencial de recarga hídrica y las zonas críticas de recarga, la investigación se realizó en la microcuenca Río El Chol y se determinó que el área total de la cuenca que presenta alta susceptibilidad de degradación es de 1,472 hectáreas que representa un 37% del área total y presenta 2,157 hectáreas que corresponde a zonas con susceptibilidad a degradación moderada lo que representa el 67% del área de la microcuenca Río el Chol.

Como parte del ejercicio profesional supervisado se identificaron 29 fuentes de agua que abastecen a las distintas comunidades rurales y de igual forma al casco municipal, se determinó que la microcuenca presenta un área de 3,978 hectáreas y tiene una recarga hídrica natural estimada obtenida a través del balance hídrico de suelos es de 22.45 millones de m<sup>3</sup> / año, posee una zona de alta recarga hidrológica de 1,821 hectáreas que representa el 45% del total de la microcuenca.

Se apoyó a la Municipalidad de Santa Cruz el Chol con la generación del Estudio de Capacidad de Uso de la Tierra utilizando la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso generada por el Instituto Nacional de Bosques INAB, la elaboración de la base cartográfica para ser utilizada como herramienta de planificación, además del apoyo al Departamento de Cuencas Hidrográficas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- y la FAUSAC con la capacitación de comunitarios en la elaboración de estructuras de conservación de suelos con el establecimiento de acequias de infiltración con barreras vivas como servicios prestados.

El documento que se presenta a continuación es el producto del Ejercicio profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, realizado en el periodo de agosto del 2008 a mayo del 2009, dividiéndose en tres capítulos el diagnóstico, la investigación y los servicios comunitarios.

**1 CAPÍTULO I**  
**DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA RIO EL CHOL, MUNICIPIO SANTA CRUZ EL**  
**CHOL, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

La microcuenca del Río El Chol se encuentra ubicada dentro del municipio de Santa Cruz El Chol, departamento de Baja Verapaz, tiene una superficie de 39 km<sup>2</sup> que son aproximadamente unas 3978 hectáreas, las coordenadas UTM están entre 767000 y 775000 metros de longitud y 1552000 y 1562000 metros de latitud (Figura 6). Limita al norte con el municipio de Rabinal, al sur con el Departamento de Guatemala, al este con Salamá, y al oeste con el municipio de Granados. En el punto de aforo de la microcuenca la altitud es de 900 msnm lo que representa la parte baja de la cuenca.

En el área del municipio de Santa Cruz el Chol son varios ya los diagnósticos rurales participativos realizados en todas las comunidades del municipio de Santa Cruz el Chol entre los cuales se pueden citar: Proyecto Tezulutlán (Naciones Unidas); Médicos Sin Fronteras; Plan Internacional; Pastoral Social; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); Programa de Apoyo al Sector Educativo (PROASE) entre otros, si bien estos diagnósticos presentan la problemática del área rural y urbana, muchas veces resultan ser un tanto repetitivos, además la gente de las comunidades tiende a portarse tanto reacia debido a que año tras año se realizan diagnósticos rurales participativos y no obtienen beneficio alguno, lo que se denota la poca participación de los habitantes de una comunidad pudiendo esto afectar los resultados del estudio y este no resultar ser representativo, por lo que en este diagnostico se tomo información ya generada de documentos con valiosa información actual de la FAUSAC como el diagnostico generado por Rueda 2007, además de el diagnóstico los municipios aledaños al Cerro Tuncaj elaborado por Méndez 2007; de la cual se puede partir para delimitar la problemática de los recursos naturales de la cuenca con lo que se actualizó la información generada.

Por lo que el siguiente trabajo pretende dar a conocer las características socioeconómicas y ambientales, así como la problemática del municipio de Santa Cruz el Chol.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

La microcuenca Río El Chol se encuentra en la Vertiente Del Golfo en la cuenca del Río Motagua en la subcuenca del Río Agua Caliente, en cuanto a la posición espacial de la cuenca, esta se encuentra en la alta de la subcuenca, por lo que es zona de importancia en cuanto a captación hídrica.

En la parte baja del área de estudio se puede ingresar por la Ruta Nacional 5 (RN-5) 90 kilómetros hacia la ciudad capital, siendo una carretera mixta de 45 km de terracería y 45 km de asfalto. Otra ruta es por la aldea Lo de Reyes (Santa Cruz El Chol), donde se puede cruzar el río Motagua por un puente de 90 metros de extensión, teniéndose acceso al municipio de Chuarrancho, Guatemala, que permite acceder vía Ciudad Quetzal o vía Jocotales a la Ciudad Capital, estimándose una distancia de 65 Km, 17 Km de ellos de camino no pavimentado de dos carriles.

Hacia la ciudad de Salamá, cabecera departamental de Baja Verapaz, la distancia es de 53Km, igualmente en carretera mixta, con 24Km de terracería, que es la distancia hasta el poblado de Rabinal. Todas las vías de acceso a la cabecera municipal no cuentan con asfalto, aunque se mantienen en condiciones transitables durante todo el año.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 General**

Realizar un diagnóstico general de la microcuenca Río el Chol, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

### **1.3.2 Específicos**

Describir la situación socioeconómica de la población según información existente en la microcuenca Río el Chol.

Describir la situación actual de los recursos naturales según información existente en la microcuenca Río el Chol.

Identificar la problemática ambiental existente en la microcuenca Río el Chol.

## **1.4 METODOLOGÍA**

### **1.4.1 Primera fase de gabinete**

Se recopiló información general del área, estudios realizados, investigaciones realizadas por estudiantes en de Ejercicio Profesional Supervisado, obteniendo la información en el Centro de Documentación e Información Agrícola -CEDA- de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, biblioteca de la Secretaria de Planificación de la Presidencia -SEGEPLAN-, Instituto Nacional de Estadística, Centro de Salud Santa Cruz el Chol, Municipalidad de Granados.

Para la recopilación de información socioeconómica se realizaron visitas tanto a la Oficina de Planificación Municipal -OMP- de Santa Cruz el Chol, el Centro de Salud, así como también revisión del XI censo de Población y VI de Habitación del 2002.

Para la información biofísica se revisó la cartografía generada por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Instituto Geográfico Nacional, entre otros existente, además de ortofotos 2006 a escala 1:20000.

#### **1.4.2 Elaboración de mapas digitales**

Se utilizaron mapas digitales, escala 1:50,000, 1:250,000, con el uso del programa Software GIS se obtuvieron los mapas base; con las capas generadas por el Sistema de Información Geográfica de la Unidad de Planificación y Gestión de Riesgos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, a escala 1:250000 se obtuvieron los mapas fisiográficos, geológicos, zonas de vida, serie de suelos; con el uso de ortofotos a escala 1:20000 se realizaron los mapas de uso 2009.

Para obtener información del uso de la tierra de la cuenca se utilizaron investigaciones anteriores de las cuales se obtuvieron los mapas de cobertura vegetal, según el año de realización, en este caso se obtuvieron y digitalizaron los mapas de uso de la tierra de 1984 (Rojas,1984),1997 (Nufio, 1997) y 2004 (Méndez, 2006) de diagnósticos realizados a la microcuenca del Río El Chol además de investigaciones realizadas al municipio y la zona del Cerro Tunkaj.

Para la elaboración del mapa de cobertura del año 2009 se utilizó como base y referencia los mapas del diagnóstico de los Municipios aledañas al Cerro Tunkaj, para lo cual se realizó una visita de campo para corroborar áreas de esta manera, se actualizo el uso de la tierra.

#### **1.4.3 Determinación de capacidad de uso de la tierra**

Puesto que en los diagnósticos anteriores realizados en la microcuenca Río el Chol, se utilizaron metodologías diferentes para determinar la capacidad de uso de la tierra como (diagnostico realizo por Nufio 1997, en el cual se utilizó la metodología del departamento de suelos de los Estados Unidos), se utilizó como base el mapa de uso de 1997 y se determino la capacidad uso de la tierra mediante los datos generados por el diagnostico realizado por Méndez, 2006.

#### **1.4.4 Fase de campo**

Se realizó un reconocimiento de campo; en esta etapa se hizo un recorrido por los principales centros poblados de la microcuenca, y se realizó el reconocimiento de las principales áreas boscosas.

Para determinar la capacidad de uso de la tierra se utilizó la metodología del INAB, puesto que ya se ha realizado este tipo de estudio en el área y se procedió a actualizar los mapas generados por el diagnóstico socio-ambiental de los municipios aledaños al cerro Tuncaj, Baja Verapaz y Quiché, Guatemala elaborado en el 2006, para lo cual se corroboró la pendiente del terreno y la profundidad efectiva del terreno y el tipo de cobertura actual.

Se realizó afloró del Río El Chol mediante el método de sección transversal en época seca para determinar el caudal actual del río y se comparó con el caudal del río de años anteriores investigaciones de la microcuenca Río El Chol.

#### **1.4.5 Segunda fase de gabinete**

Se realizó la corrección del mapa del uso actual de la tierra 2009 y se generó mapa de capacidad de uso de la tierra y se realizó mapa de intensidad de uso de la tierra 2008.

Se realizó mapa de intensidad de uso de la tierra y capacidad de uso de la tierra con la metodología del INAB de los años 1987, 1997, 2004 y 2009. Para identificar la problemática del área se utilizó la información generada por Rueda, 2007 y Méndez, 2006, ya que estos documentos presentan diagnósticos rurales participativos detallados que delimitan la problemática desde un enfoque municipal y ambiental.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1 Recursos Naturales

#### a. Clima

La temperatura media de la microcuenca Rio el Chol se estimo mediante la estación meteorológica más cercana al área en estudio está ubicada en Cubulco Baja Verapaz, localizada en las coordenadas latitud 15° 06'32' longitud 90° 36'51' altitud de 994 msnm, los datos de temperatura media en grados promedio del año 1990 al 2008 se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1: Temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales de la estación meteorológica Cubulco, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Temperaturas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Max</b>	28.4	30.5	32.2	33.6	32.7	31.0	28.5	30.3	30.1	27.4	26.5	26.7	28.5
<b>min.</b>	12.5	12.5	14.8	16.3	17.3	18.0	17.3	17.7	18.1	15.0	14.0	12.3	15.4
<b>Media</b>	20.4	21.5	23.5	24.9	25.0	24.5	22.9	24.0	24.1	21.2	20.2	19.5	21.9

Fuente: INSIVUMEH

La precipitación media se estimo con la estación meteorológica más cercana al área en estudio está ubicada en Cubulco Baja Verapaz, localizada en las coordenadas latitud 15° 06'32' longitud 90° 36'51' altitud de 994 msnm, los datos de precipitación promedio en mm del año 1990 al 2008 se presenta en el cuadro 2:

Cuadro 2: Precipitaciones medias mensuales de la estación meteorológica Cubulco, Baja Verapaz, Guatemala, C.A

PP	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Media</b>	12.2	2.85	9.5	48.4	153	228.2	160	196	189.4	98.21	36.567	11.04	1137

Fuentes: INSIVUMEH

Con la estación meteorológica Cubulco Baja Verapaz, localizada en las coordenadas latitud 15° 06'32' longitud 90° 36'51' altitud de 994 msnm, los datos de Humedad relativa en porcentaje del año 1990 al 2008 se presenta en el cuadro 2:

**Cuadro 3:** Humedad Relativa en porcentaje mensual de la estación meteorológica Cubulco, Baja Verapaz, Guatemala, C.A

HR %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic.	Anual.
<b>Media</b>	66	55	55	58	65	73.5	71	70	72	75	77	68	67.65

Fuente: INSIVUMEH

b. Agua

El sistema de drenaje de la microcuenca del Río El Chol lo conforman los ríos: La Virgen, El Río Chiquito y seis quebradas: Q. El Peñasco, Q. Santa Lucia, Q. El Astillero Q. El Hato, Q el Tabloncito, Q. Casa De Teja; El Río El Chol es afluente del Río Agua Caliente el cual el afluente del Río Sychicul, el cual finalmente desemboca en el Río Motagua.

El drenaje de la microcuenca es de forma detrítico, es decir ramificada, en función del área relativamente pequeña es de esperar un drenaje rápido, la microcuenca posee 28 corrientes intermitentes y 10 corrientes continuas y posee una densidad de corrientes de 1.58 km/km<sup>2</sup>, esto indica que la cuenca tiende a presentar crecidas violentas y rápidas, esto también refleja que la microcuenca presenta suelos no muy permeables y altamente erosionables.

Debido a la alta deforestación la cantidad de agua que capta la cuenca se reduce por efecto de la disminución de la infiltración del suelo lo que causa que los manantiales captados, deben de “producir” agua en época seca, principalmente en el mes de marzo, otro problema detectado es la contaminación de fuentes de agua debido a las siguientes causas:

- La falta de perímetros de protección de fuentes de agua, causa que los productores de la zona laven bomba de fumigar en la caja de captación, la falta de protección tiene como consecuencia la introducción de animales de pastoreo, contaminado con estiércol.

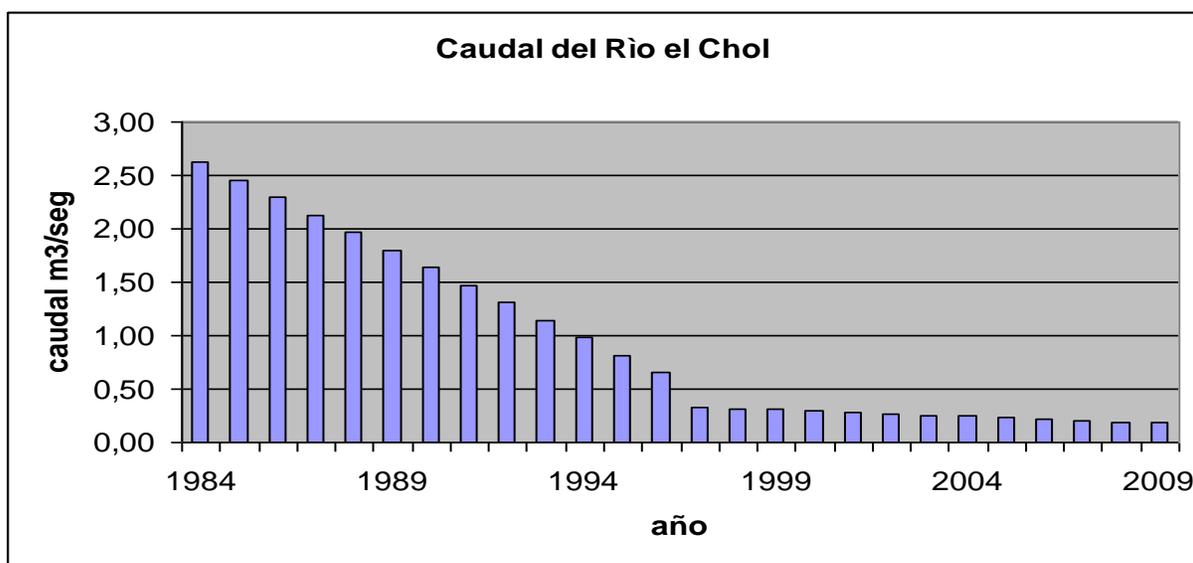
Para el año 2009 se realizó el aforo de la microcuenca del Río El Chol y se determinó que el caudal en época seca es de 0.18 m<sup>3</sup>/seg, en comparación con los aforos realizados al

río en años anteriores se denota que existe una disminución significativa del caudal en  $2.45 \text{ m}^3/\text{seg}$  lo que representa más del 90% del caudal original, esto demuestra la acelerada degradación del recurso, que se debe en gran medida al deterioro del bosque en la parte alta de la cuenca, ya que la cobertura boscosa ayuda a la infiltración subsuperficial de la cuenca asiendo que el caudal del río se mantenga estable en época seca.

**Cuadro 4:** Cambio de caudal del Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Año	Caudal m <sup>3</sup> /seg
2009	0,18
1997	0,325
1984	2,625

Según la figura 1 se muestra que existe una disminución promedio anual de  $0.1 \text{ m}^3/\text{seg}$  desde el año 1984, la mayor disminución del caudal del río se presenta entre el año 1984 a 1997 y del año 1997 al 2009 existe una menor disminución del caudal del río que en promedio es de  $0.01 \text{ m}^3/\text{seg}$ .



**Figura 1:** Caudal del Río El Chol del año 1984 a 2009

### c. Bosque

El bosque es uno de los principales recursos naturales del municipio de Santa Cruz El Chol, los suelos de la zona tienen una inminente vocación forestal. En general, los bosques son aprovechados mediante planes de manejo autorizados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), por lo que otros recursos naturales no han sido afectados drásticamente. Los bosques mixtos de pino (*Pinus maximinoii* y *Pinus oocarpa*) y encino (*Quercus spp.*) son los más comunes en la zona alta y media del municipio, y los de latifoliadas son los predominantes en la zona baja, que es propiamente la zona sur y suroeste de Santa Cruz El Chol. Son pocas las áreas con bosques netamente de coníferas (Mendez, 2006).

En los municipios de Santa Cruz El Chol y Granados de Baja Verapaz, se ha conformado la Asociación de Productores Agroforestales (APAF), a la cual pertenecen más de doscientos miembros. Anualmente producen más de 50,000 kilogramos de trementina, producto utilizado en diversas industrias, principalmente en las textiles. Como subproducto del procesamiento de la resina de pino se obtiene aguarrás. El proceso de producción de trementina es artesanal, razón por la cual la calidad del producto es de regular a baja (Mendez, 2006).

La especie predominante del estrato superior es el *Pinus Oocarpa* y el *Pinos maximinoii* junto con *Quercus spp.* por lo que los remanentes de bosque presetes en el área son asociaciones de Pino-Encino, a partir de los 1800 msnm también se encuentra presente en el bosque *Liquidambar Stiraciflura* (Mendez, 2006).

**Cuadro 5:** *Uso de tierras con bosques del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.*

<b>Calidad del bosque</b>	<b>No. de fincas</b>	<b>Superficie (Ha)</b>
Bosques plantados en explotación	7	10.51
Bosques plantados no en explotación	19	29.67
Bosques naturales en explotación	14	128.53
Bosques naturales no en explotación	160	1,019.59
Total	193*	1,188.31

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario 2003, INE. \* Algunas fincas tienen bosque natural y plantado.

Existen actualmente más de veinte fincas con bosques naturales o sembrados que se encuentran en fase de aprovechamiento forestal, todos bajo el control del INAB. Las especies aprovechadas más comunes son *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoii* y *Quercus spp.* Los principales productos que se comercializan de estos bosques son troza, madera aserrada, leña y postes. Aunque las autoridades locales intentan llevar un rígido control de los planes de manejo y su consecuente aprovechamiento, el personal del INAB es escaso para cubrir toda la zona. Además, el control de parte de las fuerzas de seguridad es bajo, también por el escaso personal. El estado de aprovechamiento de las fincas con bosques se presenta en el cuadro siguiente (Rueda 2007).

Según el taller sobre recursos naturales realizado por Mendez, 2007 se denota que el principal problema en la microcuenca es la tala sin control, además de los incendios forestales debido a la quema roza por falta de control y falta de manejo técnico; otro problema que es limitante es la corrupción de la policía debido a extracciones ilegales de leña que informan los vecinos no son sancionadas.

Debido a la dificultad del trámite de licencias de extracción suceden dos cosas:

- Utilización de la misma licencia para extraer dos o tres veces lo solicitado
- Por la falta de licencias de aprovechamiento se realizan extracciones ilegales.

Estos puntos mencionados, causan que el INAB no tenga control sobre la cantidad de madera o leña que se extrae del bosque mixto existente en la microcuenca, por lo que diagnósticos anteriores basados en la información del INAB muestran una baja deforestación

#### d. Suelo

La clasificación de Según Simons (1959), la serie de suelos presentes en la microcuenca son:

- **Serie el Chol:** un 53% de la cuenca presenta esta serie, suelos poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre esquisto en clima seco a húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a elevaciones medianas en la parte central de Guatemala. Están asociados con los suelos Marajuna, Civija, y Acasaguastlan. La cubierta vegetal más común es pino.
- **Serie de suélelos Marajuna:** un 44% de la microcuenca presenta esta serie, suelos profundos bien drenados desarrollados sobre esquistos; en un clima húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas, está asociados con los Suelos EL Chol, pero son más profundos, bosque más denso estando la vegetación compuesta con bosques deciduos mezclados con pino e incluyen liquidambar (*Liquidambar Styraciflua*) y encino (*Quercus Spp*).

En cuanto al recurso suelo la problemática identificada es la poca producción de los agricultores, esto se debe a la alta erosión que sufren estos y el porcentaje de pedregosidad que presentan los terrenos, la quema roza es otra practica que degrada el suelo, ya que la materia orgánica que aportan los árboles no logra ser fijada al suelo, ya que esta se quema entes de degradarse.

#### e. Fauna

La fauna silvestre del municipio es variada, representa además fuente de alimento a decenas de familias, así como de medicinas naturales, por ejemplo, el aceite de tacuacín, que es utilizado para reducir inflamaciones y aliviar dolores musculares. La siguiente tabla

presenta algunos de los animales más comunes de Santa Cruz El Chol, a excepción del venado, el cual está en moderado número y en propiedades privadas.

**Cuadro 6:** Especies de animales silvestres más comunes del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

<b>No.</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
1	Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>
2	Tepezcuintle	<i>Cuniculus pacanelsoni</i>
3	Tacuacín	<i>Dipelphis marsupiales</i>
4	Ardilla	<i>Sclurus griseoflavus</i>
5	Gato de monte	<i>Yrocyon cinereo argenteus</i>
6	Armadillo	<i>Dasypos novecinetus fenestratus</i>
7	Conejo de monte	<i>Sylvilagnus hispidus</i>
8	Comadreja	<i>Mustela fragata</i>
9	Mapache	<i>Procyon lotor</i>
10	Zorrillo	<i>Mephitis macroaura</i>
11	Taltuza	<i>Heterogeomys hispidus</i>
12	Paloma Común	<i>Columba livia</i>
13	Pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>
14	Chorcha	<i>Icterus sp.</i>
15	Shara	<i>Cynocorax yncas</i>
16	Coral	<i>Micrurus divariatus</i>
17	Mazacuata	<i>Boa constrictor imperator</i>
18	Iguana	<i>Iguana iguana</i>

Fuente: Diagnóstico de los recursos naturales renovables y sistemas de cultivos predominantes en el municipio de Santa Cruz El Chol, departamento de Baja Verapaz. Nufio Reyes, 1997.

### 1.5.2 Aspectos Sociales

#### a. Antecedentes históricos de Santa Cruz El Chol

En un principio, el nombre que recibió la zona del municipio de parte de sus fundadores y primeros habitantes, fue el de “Santa Cruz Belén de los Indios Choles”, acción que data del año 1603 (según refiere el fraile Joseph H. Sotomayor), lo que lo convierte en uno de los pueblos del período hispánico más antiguos de las Verapaces, con más de cuatrocientos años de existencia. Actualmente muy pocos de los indígenas del municipio hablan idiomas mayas (Achí, Cachiquel, e incluso Quiché), hacia la época de su reducción en el siglo XVIII, hablaban la lengua *Chol Lacandona*, que también se conocía como choolí o coolí (Rueda, 2007).

El Diccionario Geográfico Nacional (1976), presenta que “a principios de la segunda década del siglo XVIII, el cronista dominico fray Francisco Ximénez, anotó en el libro quinto de lo que se conoce como Historia de la Providencia de San Vicente de Chiapas y Guatemala, que de orden del Presidente de la Real Audiencia, Gobernador y Capitán General del Reino de Guatemala, don Jacinto de Barrios Leal, en el año 1689 entraron indios de Cahabón a al montaña del Chol (actualmente las sierras de Chuacús y Chamá), para sacar a los indios choles infieles y alzados allí, a efecto de fundar con ellos el pueblo de Santa Cruz (Rueda, 2007).

La edificación más antigua del municipio es su Iglesia Católica. El primer material escrito que se refiere netamente a la función religiosa de la Iglesia Católica en Santa Cruz El Chol es el libro número 1 de Bautismo, en el cual está inscrito “Libro de Bautismo de Santo Domingo de Guzmán, el infrascrito Fr. Domingo Gonzáles de Cosío”. Como ya se había mencionado, el dominico fray José Ángel Zenoyo tomó en 1690 formal posesión del lugar a nombre de los choles, y fue quien inició con la construcción de la actual Iglesia Católica en el año de 1687. La obra fue concluida en el año de 1748, lo que implica más de setenta años de trabajo. En una de las campanas de la Iglesia se lee la inscripción “Campana del Rosario”, y la indicación del año 1,717 (Rueda, 2007).

### 1.5.3 Características socioeconómicas

#### a. Población

Las aldeas que se encuentran dentro de la Microcuenca Río El Chol son: la cabecera Municipal de Santa Cruz El Chol, las aldeas Pacoc, El Apazote, La Concepción, el Platanar, además cuenta con 21 caseríos y una finca privada. La población total de la microcuenca son 2867 personas con una densidad poblacional de 74 habitantes/km<sup>2</sup>. El incremento poblacional estimado es del orden de 2.01% anual. La distribución de la población por centro poblado se describe en el cuadro 7.

Cuadro 7: Distribución de población por sexo de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

NOMBRE	CATEGORÍA	POBLACIÓN	
		HOMBRES	MUJERES
RANCHO BEJUCO	CASERIO	20	23
EL PURGATORIO	CASERIO	2	1
CUMBRE DEL CHOL	CASERIO	0	0
PACOC	ALDEA	19	13
EL APAZOTE	ALDEA	34	36
PLAN GRANDE	CASERIO	7	14
LA HUERTA	CASERIO	12	10
YASCAP	CASERIO	3	7
LAS AZUCENAS	CASERIO	9	12
PATZICIA	CASERIO	17	11
EL AMATILLO	CASERIO	64	70
EL GUACHIPILIN	CASERIO	36	52
EL PEÑASCO	CASERIO	40	36
EL ENCINO	CASERIO	1	7
LA CONCEPCION	ALDEA	77	73
EL PLATANAR	FINCA	23	16
EL CHOL	PUEBLO	697	766

SAN ISIDRO	CASERIO	41	33
SANTA LUCIA EL PUEBLO	CASERIO	51	52
LAS PILITAS	CASERIO	67	57
EL TABLONCITO	CASERIO	12	14
CASAS VIEJAS	CASERIO	11	4
SULUBA	PARAJE	3	4
LOS LIMONES	CASERIO	75	89
EL AGUACATE	CASERIO	18	12
POCO	CASERIO	61	55

Fuente: INE 2003

Se estima que entre el 85% al 90% de la población se dedica a la agricultura (principalmente de autoconsumo) conjuntamente con otras actividades productivas que no requieren mano de obra calificada, y el resto al comercio o a la educación. En el municipio la profesión del nivel medio predominante es la de maestro de educación primaria. Un porcentaje muy bajo es población de orígenes mayas, de las etnias Achí, Kekchí y Kakchiquel, quienes han llegado a Santa Cruz El Chol por motivos comerciales, la mayoría de ellos no tiene familia originaria del municipio. El idioma predominante es el español (Rueda, 2007).

#### b. Sector Salud

El municipio de Santa Cruz El Chol pertenece al Área de Salud “Baja Verapaz”, identificado como distrito de Salud No. 7 El Chol, el cual está a cargo del Dr. Carlos Haroldo Sicán Roca. En la “Memoria de Informática y Vigilancia Epidemiológica 2004”, presentado por el Centro de Salud del municipio, se muestran los indicadores básicos de análisis de la situación de salud para el año 2004, en la cual se indica una población de 8,742 habitantes, una tasa de fecundidad de 70.45, y un crecimiento vegetativo de 1.71. La tasa de natalidad es del orden de 20.13, representada por 176 nacimientos durante el año 2004, 34 menos que durante el 2003 (Centro de Salud, 2005).

El recurso humano con el que cuenta el Centro de Salud de Santa Cruz El Chol es de un total de diez personas, correspondientes a un médico general, una enfermera profesional,

cinco enfermeras auxiliares, un técnico en salud rural, un técnico en vectores y un secretario. Es importante resaltar que en todo el municipio solamente existen 39 comadronas certificadas, siendo ellas las más solicitadas por la comunidad para la atención de los partos, principalmente por razones económicas y culturales. En los siguientes cuadros se presentan los indicadores básicos de análisis de la situación de salud del municipio (Centro de Salud, 2005).

Cuadro 8: Principales causas de morbilidad general de las enfermedades no transmisibles en Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

<b>No.</b>	<b>Causas</b>	<b>Frecuencia masculinos</b>	<b>% masculinos</b>	<b>Frecuencia femeninos</b>	<b>% femeninos</b>	<b>Total</b>
1	Anemia nutricional	211	20.31	574	24.19	785
2	Enfermedad péptica	145	13.96	351	14.79	496
3	Infección tracto urinario	110	10.59	368	15.51	478
4	Dermatitis	163	15.69	221	9.31	384
5	Cefalea	56	5.39	160	6.74	216
6	Lumbago	54	5.20	112	4.72	166
7	Artritis	44	4.23	87	3.67	131
8	Abceso	41	3.95	64	2.70	105
9	Desnutrición crónica adult.	32	3.08	67	2.82	99
10	Alergia Etiologis Des.	21	2.02	63	2.65	84
	Resto de causas	162	15.58	306	12.90	468
	<b>Total de causas</b>	<b>1039</b>	<b>100.00</b>	<b>2373</b>	<b>100.00</b>	<b>3412</b>

Fuente: Memoria de Informática y Vigilancia Epidemiológica 2004, Centro de Salud El Chol.

Cuadro 9: Diez primeras causas de morbilidad infantil en Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

<b>No.</b>	<b>Causas de morbilidad infantil</b>	<b>Número de casos</b>	<b>% sobre el total de casos</b>
1	Resfriado Común	172	31.05
2	Diarrea	62	11.19
3	Neumonía	55	9.93
4	Dermatitis	45	8.12
5	Amebiasis	25	4.51
6	Amigdalitis	14	2.53
7	Infección urinaria	12	2.17
8	Conjuntivitis	8	1.44
9	Anemia	6	1.08
10	Candidiasis oral	5	0.90
	<b>Resto de causas</b>	<b>150</b>	<b>27.08</b>
	<b>Total de causas</b>	<b>554</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Memoria de Informática y Vigilancia Epidemiológica 2004, Centro de Salud El Chol.

La mortalidad general en el municipio se debe principalmente a padecimientos somáticos, siendo escasas las muertes por hechos violentos o accidentes, los cuales pueden ser domésticos o de tránsito. En todo el año 2004 se reportaron solamente 30 personas fallecidas.

**Cuadro 10:** Indicadores que atienden al saneamiento ambiental y sanidad domiciliar.

<b>Indicador</b>	<b>Área habitacional</b>		
	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>	<b>Total</b>
<b>Número total de viviendas</b>	<b>583</b>	<b>1,174</b>	<b>1,757</b>
<b>No. viviendas con acceso a agua intradomiciliar</b>	<b>509</b>	<b>942</b>	<b>1,451</b>
<b>No. viviendas con acceso a agua por llenacántaros</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

<b>No. viviendas con letrina y/o inodoro</b>	<b>509</b>	<b>733</b>	<b>1,242</b>
<b>No. viviendas con servicios de alcantarillado</b>	<b>337</b>	<b>28</b>	<b>365</b>
<b>No. comunidades con acueductos funcionando</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Total de acueductos</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
<b>Total de acueductos con sistema de cloración activo</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>No. Total de comunidades</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>No. comunidades con tren de aseo</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Cobertura de comunidades con tren de aseo</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>10%</b>

Fuente: Memoria de Informática y Vigilancia Epidemiológica 2004, Centro de Salud El Chol.

Actualmente el municipio cuenta con un Centro de Salud, ubicado en la cabecera municipal; dos Puestos de Salud activos, en las aldeas Los Lochuyes y Los Jobos; y una Casa de Salud, ubicada en la aldea Ojo de Agua. El personal de los puestos de salud y la casa de salud es contratado por la Municipalidad.

#### c. Sector Educación

El Ministerio de Educación de Guatemala divide a Santa Cruz El Chol en dos Distritos Educativos, el 15-06-15 a cargo del PEM Concepción Dubón y el 15-06-16 a cargo del PEM Cristóbal Ismalej Jerónimo. El distrito 15-06-15 abarca solamente áreas rurales, mientras que el 15-06-16 abarca el área urbana y parte del área rural.

En el municipio se cuenta con una escuela utilizada exclusivamente a la educación preprimaria, llamada “Reino de Noruega”, sin embargo, en el área rural también se imparte este tipo de educación. Para la educación primaria hay 27 escuelas, un Instituto de Educación Básica por Cooperativa, tres Institutos de Tele secundaria, y para el ciclo diversificado existe un Colegio Particular, llamado “Valle del Urram”, donde se imparten las carreras Maestro de Educación Primaria y de Educación Preprimaria.

En los últimos 9 años se han reparado o construido 22 escuelas primarias, dos más están en construcción, y se les ha dado apoyo de parte de la Municipalidad local a todas las

escuelas, específicamente en remodelaciones, ampliaciones, mantenimiento de instalaciones, materiales y equipo de trabajo, circulación, muros de contención, contratación de maestros, y colaboración en las actividades que realizan.

Año con año la Municipalidad asume la responsabilidad de contratar al menos seis maestros de Educación Primaria, quienes trabajan en diferentes escuelas de aldeas y caseríos.

#### **1.5.4 Actividades productivas**

##### **a. Producción Agrícola**

Santa Cruz El Chol es un municipio que tiene mayoritariamente una economía de subsistencia, fundamentada en la agricultura, con especial énfasis en la producción de maíz y frijol. Aún es fuente de ingresos el café, aunque desde la caída de los precios en el mercado nacional e internacional, el cultivo ha sido muy descuidado.

La producción de granos básicos está muy por debajo de la media a nivel nacional, sin embargo, es de considerarse que las condiciones de cultivo son adversas, principalmente por la baja vocación agrícola de los suelos y las altas pendientes. Asimismo, no es posible la mecanización de las áreas de cultivo, y son escasas y aisladas las prácticas culturales de conservación del suelo, reflejo de la poca asesoría agrícola.

El tomate y el chile pimiento ocupan un renglón importante dado que su producción es vendida en mercados externos. La rosa de jamaica y el tamarindo son otros productos que se venden tanto en el mercado interno como en el externo. Para autoconsumo y venta interna, en especial los días de mercado (jueves y sábado), están el mango, naranja, mandarina, limón, lima, banano, plátano, güisquil, loroco, jocote, papaya, pacaya y zapote, entre otros.

Cuadro 11: Principales productos agrícolas en superficie cosechada, producción y rendimiento por área cultivada de la microcuenca Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A

<b>Cultivo</b>	<b>Número de fincas</b>	<b>Superficie cosechada (Mz)*</b>	<b>Producción obtenida (qq)</b>	<b>Rendimiento (qq/Mz)</b>	<b>Rendimiento medio nacional</b>
Ajonjolí	1	4	51	12.64	11.38
Arveja China	5	2	123	73.80	65.27
Ayote	9	16	109	6.77	12.84
Chile pimienta	11	2	457	278.89	198.21
Elote	1	0	4	32.80	49.78
Frijol otros colores	2	5	9	2.00	3.24
Frijol negro	514	843	2,909	3.45	7.58
Maicillo	498	939	19,066	20.31	21.99
Maíz amarillo	348	603	8,221	13.64	21.72
Maíz blanco	1,166	1,933	30,550	15.81	25.39
Maíz otros colores	13	13	236	17.53	21.36
Rosa de Jamaica	3	2	22	10.12	5.04
Tomate	6	3	652	236.93	381.36

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario del año 2003, INE. \* 1 manzana equivale a 0.70 hectáreas.

Actualmente existen en la microcuenca dos Empresas Campesina Asociativas (ECA's), formadas a partir de que los productores fueron beneficiados con un sistema de miniriego. Uno de ellos está en la aldea Los Amates, sin embargo, ha perdido continuidad debido a que ha escaseado el agua que abastecía el sistema. En la aldea Agua Caliente sí está funcionando la ECA, llamada "Ribera del Río", y sus miembros cultivan granos básicos, tomate y chile pimienta. No cuentan con asesoría agrícola. En todo el municipio no se

manejan centros de acopio, y la única forma de vender al por mayor es con los intermediarios.

**Cuadro 12:** Producción obtenida de cultivos anuales o temporales.

<b>Cultivo</b>	<b>No. fincas</b>	<b>Superficie cultivada Año agrícola 2003 (Mz)*</b>			<b>Número de plantas dispersas</b>	<b>Producción total obtenida (qq)</b>
		<b>Total</b>	<b>Produc- tiva**</b>	<b>No productiv a</b>		
Aguacate	31	1	1	-	153	175
Anona	2	-	-	-	7	2
Banano	93	12	12	0	4,587	4,232
Cacao	3	-	-	-	6	1
Café (cereza)	195	78	75	3	7,139	1,843
Caña de azúcar	24	12	12	0	60	3,527
Durazno y Melocotón	12	0	0	-	33	9
Flores y Plantas ornamentales	2	0	0	-	7	9
Granada	1	-	-	-	2	0
Granadilla	5	0	0	-	40	25
Güisquil	1	-	-	-	1	0
Hule	1	-	-	-	15	-
Jengibre	4	1	1	-	20	12
Jocote	12	-	-	-	85	59
Lima	7	-	-	-	32	10
Limón	65	3	3	-	271	198
Loroco	1	1	1	-	-	4

Mandarina	1	-	-	-	2	1
Mango	132	24	23	0	890	4,721
Manzana	2	-	-	-	28	18
Naranja	40	0	0	-	228	183
Pacaya	4	2	2	-	72	27
Papaya	6	-	-	-	22	5
Paterna	9	-	-	-	56	42
Pera	1	-	-	-	2	1
Piña	21	-	-	-	724	15
Plátano	4	-	-	-	93	31
Tamarindo	2	-	-	-	6	4
Zapote	3	-	-	-	6	11
<b>Total</b>	<b>685</b>	<b>133</b>	<b>130</b>	<b>3</b>	<b>14,637</b>	<b>15,177</b>

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario del año 2003, INE. \* 1 manzana equivale a 0.70 hectáreas. \*\* Edad productiva.

#### b. Producción pecuaria

El único ganado que se explota en cierta medida es el vacuno, el cual tiene mercado local para la leche y el queso que se produce, aunque en su mayoría es engordado y vendido en pie para el destace. Pocos son los vecinos con ganado vacuno en abundancia, los más numerosos son los medianos productores. En general, la alimentación de este ganado contiene un bajo porcentaje de alimentos concentrados específicos, aunque sí se les proporciona un control de plagas y enfermedades permanente. Muchos aprovechan el estiércol como abono, pero no le dan un tratamiento especial.

Es frecuente la crianza de gallinas y cerdos bajo sistemas tradicionales de traspatio. Estos animales son utilizados para el consumo familiar, y en ocasiones especiales, se venden para aumentar los ingresos familiares. Periódicamente el MAGA realiza muestreos en aves de corral para detectar la presencia de Influenza aviar, sin embargo, no han sido diagnosticado animales con la enfermedad.

### **1.5.5 Aspectos económicos**

#### **a. Migraciones**

Anteriormente, la población de la microcuenca Río El Chol era bastante estable, dado que no se registraban procesos de migración importantes. Los pocos desplazamientos que se reportaban eran hacia la capital de Guatemala, al departamento de Petén o al vecino país de Belice, principalmente para buscar empleos en labores agrícolas.

Recientemente, se está observando un alto grado de migraciones, en su mayoría a Estados Unidos, en busca de oportunidades de crecimiento económico rápido. Es ya común que los hombres jóvenes tengan planes para viajar ilegalmente al mencionado país, sin importarles los riesgos que puedan correr en el camino. El principal problema es con los hombres que dejan esposa e hijos, pues la desintegración familiar total es frecuente, afectando particularmente a los niños. No hay un estudio sobre el tema en el municipio.

El aporte de divisas al municipio es elevado, la calidad de las viviendas ha mejorado significativamente en el área rural, y ha aumentado la cantidad de vehículos, negocios y dinero circulante. En contraparte está el encarecimiento de las propiedades y los materiales de construcción, incluso de la mano de obra de albañiles.

#### **b. Tenencia, uso y situación de posesión de la tierra**

Debido al origen del municipio, existen terrenos municipales en abundancia, los cuales han sido otorgados en arrendamiento a decenas de vecinos. Existen pocos terratenientes poseedores de grandes extensiones de terreno, o al menos lo suficientemente grandes como para hacer fincas familiares. Los datos que reporta el IV Censo Nacional Agropecuario se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 13: Régimen de tenencia mixto de la tierra en el municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A

Tipo de régimen de tenencia	No. de fincas	Superficie (Ha)
Propia en arrendamiento	429	1,209.04
Propia y en usufructo	13	79.96
Propia y en colonato	1	2.10
Otra forma mixta de tenencia	29	48.60
Total de fincas	472	1,339.70

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario 2003, INE.

La principal vocación del suelo es forestal, sin embargo, se puede considerar que las condiciones climáticas y edáficas permiten un sistema agroforestal, e inclusive, un sistema silvopastoril, bajo estrictas normas de control. En Santa Cruz El Chol, aún existen extensas zonas boscosas sin explotar, que son base del reabastecimiento de las fuentes de agua en la región, y que hace necesario aplicar sistemas de producción que favorezcan el aprovechamiento máximo y auto sostenible de los recursos suelo y agua (Rueda, 2007).

## 1.6 CONCLUSIONES

La Microcuenca Río El Chol del municipio de Santa Cruz el Chol Baja Verapaz cuenta con una población de 2,867 personas con una densidad poblacional de 74 habitantes/km<sup>2</sup>. La población que se dedica a la agricultura es el 85% al 90% además de otras actividades productivas que no requieren mano de obra calificada, y el resto de la población se dedica al comercio o a la educación. En el municipio la profesión del nivel medio predominante es la de maestro de educación primaria.

En cuanto a recursos naturales cuenca tiene un buen potencial ya que más de 30% de la cobertura de la microcuenca Río El Chol es de bosque, pero este se está viendo afectado por la poca capacidad del INAB en cuanto a supervisión de extracciones forestales. En cuanto a recurso hídrico su degradación es evidente lo cual se puede observar el cambio del caudal del Río el Chol, que este ha perdido gran porcentaje del caudal original,

a pesar de que los datos que se presentan aquí son estimados, son una representación de la realidad por lo que es alarmante la situación que padece la cuenca ya que el caudal ha disminuido de 2.6 m<sup>3</sup>/seg en los años 80 a 0.8 m<sup>3</sup>/seg en la actualidad, lo que se traduce en una alta vulnerabilidad a la falta de agua por de los pobladores, por lo que es necesario controlar los aprovechamientos forestales en zonas de recarga hídrica.

Los principales problemas de la microcuenca Río El Chol son los suelos son poco productivos, aumentando la deforestación por la búsqueda de nuevas áreas de producción de subsistencia, resinación a muerte y el ocoteo del pino, que reduce la calidad del bosque para producción de madera.

## 1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 2 v, 2350 p.
2. Escobar, G. 2003. Manual de geología para ingenieros (en línea). Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Consultado 13 dic 2009. Disponible en [http://www.geocities.com/manualgeo\\_00/](http://www.geocities.com/manualgeo_00/)
3. Galeano, A. 2006. Monografía del municipio de Granados, Baja Verapaz. Guatemala, s.e. 25 p.
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
5. \_\_\_\_\_. 2005. Identificación de las tierras forestales de captación y regulación hidrológica, la subcuenca Los Vados, cuenca río Los Esclavos. Guatemala. 69 p.
6. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003 Cifras definitivas del XI censo de población y VI de habitación. Guatemala. 38 p.
7. \_\_\_\_\_. 2002. XI censo nacional de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
9. \_\_\_\_\_. 2008. Coordinadora Baja Verapaz: diagnostico agro-socioeconómico del departamento de Baja Verapaz. Guatemala. 134 p.
10. \_\_\_\_\_. 2000. Mapa temáticos de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
12. \_\_\_\_\_. 2004. IV censo nacional agropecuario. Guatemala. 3 CD.
13. Méndez, B; Chew, D. 2006. Diagnostico socio ambiental de los municipios aledaños al cerro Tuncaj, Baja Verapaz y Quiché, Guatemala.



Vo. Bo. Rolando Barríos.

## 1.8 Anexos

### 1.8.1 Anexo 1: Mapas de zonas climáticas

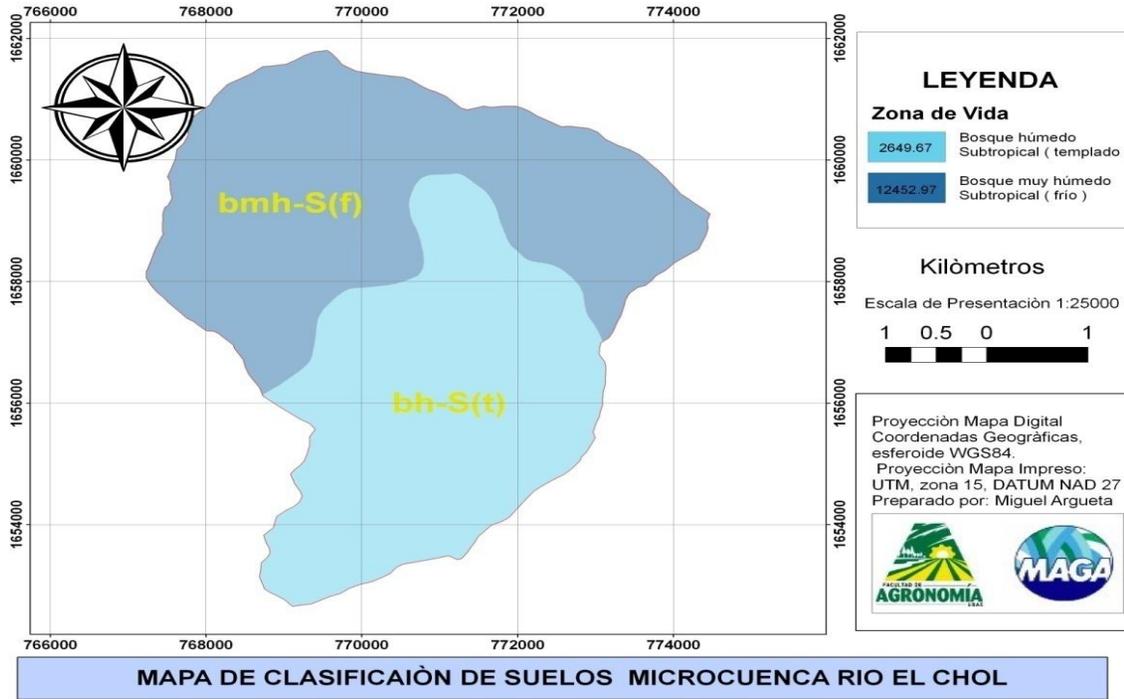


Figura 2 A: Mapa de zonas climáticas de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

### 1.8.2 Anexo 2: Mapa de geología

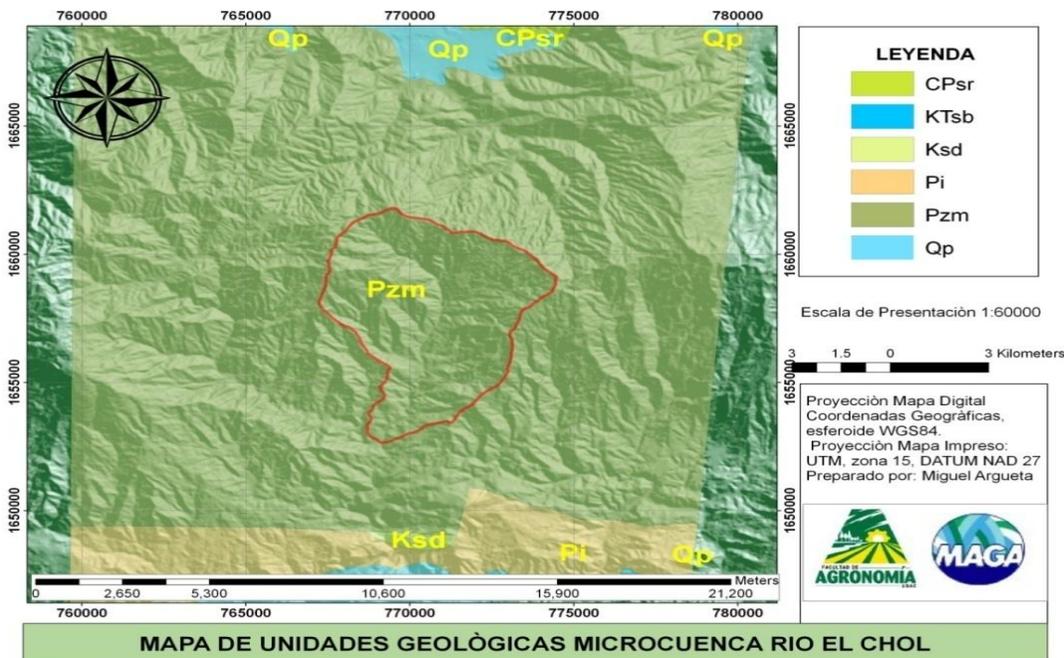


Figura 3 A: Mapa de geología de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

1.8.3 Anexo 3: Mapas de serie de suelos

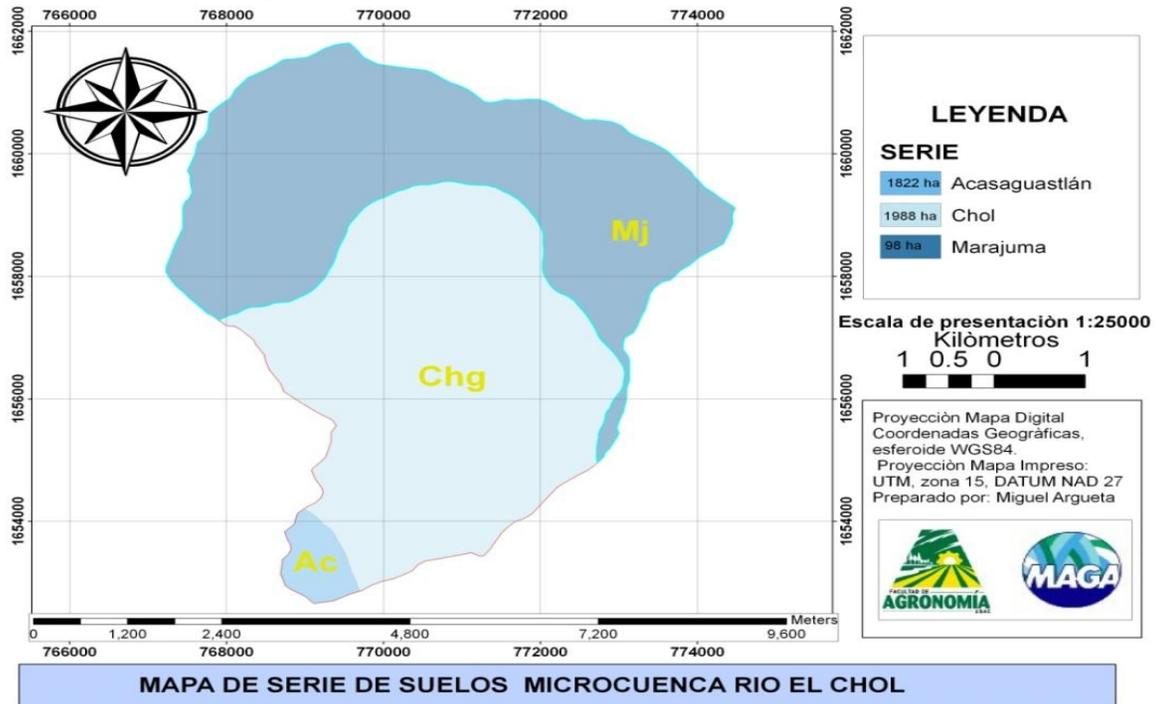


Figura 4 A: Mapa de serie de suelos de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

1.8.4 Anexo 4: Mapas de clasificación de pendientes según metodología INAB

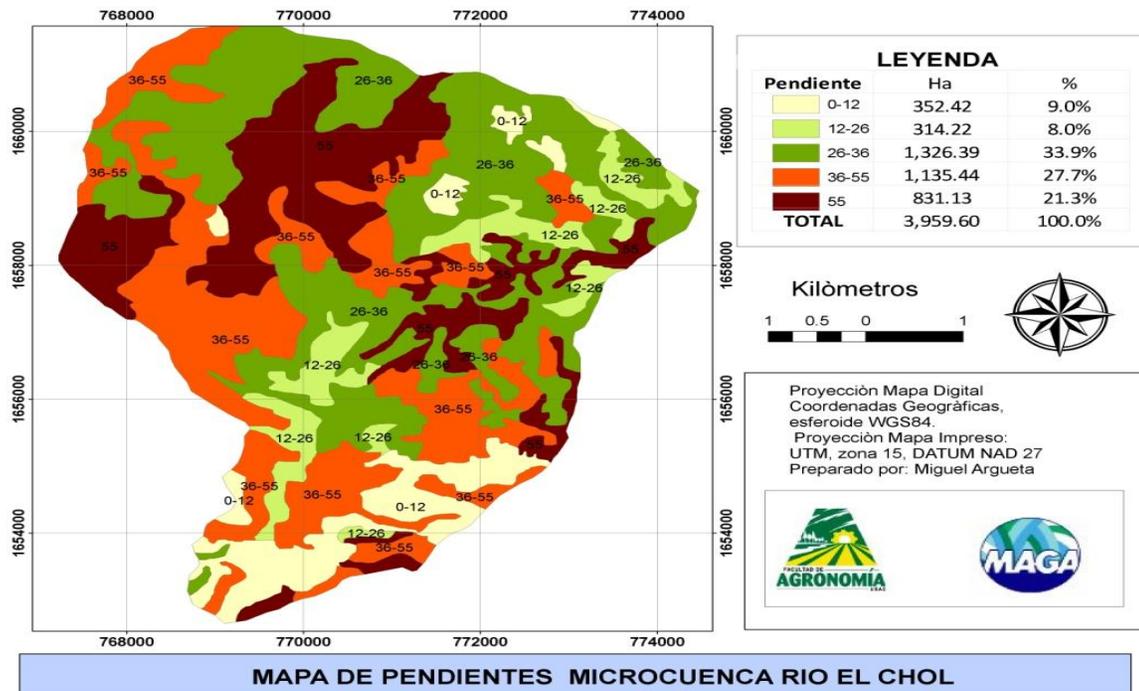


Figura 5 A: Mapa de clasificación de pendientes de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.



## **2 CAPÍTULO II**

**DETERMINACIÓN DE LAS PRINCIPALES ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL  
DE LA MICROCUENCA RÍO EL CHOL EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ EL CHOL,  
BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

**DETERMINATION OF PRINCIPALS AREAS OF NATURAL WATER RECHARGES  
IN CHOL MICRORIVER BASIN, IN THE SANTA CRUZ EL CHOL MUNICIPALITY, BAJA  
VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

La población del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A se abastece de agua para consumo humano principalmente de fuentes de agua captadas en el Cerro Tunkaj, el cual provee de agua a los municipios de Granados, Rabinal y San Miguel Chicaj del departamento de Baja Verapaz y el municipio Santa Cruz del Quiché del departamento del Quiché, por lo que el área se encuentra densamente poblada y existe gran demanda hacia los recursos naturales locales. La microcuenca Río El Chol es un área importante de captación hidrológica, ya que en la parte alta se encuentran la mayoría de las fuentes de agua que abastecen a las distintas comunidades rurales y de igual forma al casco municipal, presenta un área de 3978 hectáreas y tiene una recarga hídrica natural estimada obtenida a través del balance hídrico de suelos es de 22.45 millones de m<sup>3</sup> / año, y posee una zona de alta recarga hidrológica de 1821 hectáreas que representa el 45% del total de la microcuenca.

Las zonas que presentan mayor susceptibilidad a degradación de la microcuenca Río el Chol, no cuentan con planes de manejo para su conservación y no poseen perímetros de protección que aseguren la calidad de los nacimientos que abastecen los centros poblados, por lo que la población local no recibe la cantidad necesaria de agua potable para suplir sus necesidades primarias obligándoles a utilizar otras fuentes que presentan algún grado de contaminación.

Debido a que no se conocen zonas potenciales de recarga hídrica, no es posible realizar un plan de manejo adecuado que conserve de manera adecuada el recurso hídrico, por ello en el presente estudio se realizó una identificación de las zonas con mayor potencial de recarga hídrica y las zonas críticas de recarga, las cuales son la áreas más susceptibles a degradarse, el estudio se realizó en la microcuenca Río el Chol. Se determinó que el área total de la cuenca que presenta alta susceptibilidad de degradación es de 1472 hectáreas que representa un 37% del área total, y presenta 2157 hectáreas presentan susceptibilidad a degradación moderada lo cual representa el 67% de la microcuenca Río el Chol.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Marco conceptual

#### a. Manejo de cuencas

Es un proceso interactivo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen a largo plazo para la sustentabilidad de los recursos. Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucran a los recursos naturales y humanos de la cuenca. De ahí que en este proceso se requiera la aplicación de las ciencias sociales y naturales. Así mismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. Por lo tanto el concepto implica el desarrollo de capacidades que faciliten la participación local (Matus, 2007).

En forma resumida se puede decir que el manejo de cuencas hidrográficas son todas las acciones técnicas coordinadas, integrales y participativas para manejar, aprovechar y conservar los recursos naturales en las cuencas hidrográficas en función de las necesidades humanas, buscando un balance entre equidad social, sostenibilidad de los ecosistemas y desarrollo económico (Matus, 2007).

#### b. Gestión de cuencas

Es un proceso donde el hombre realiza un conjunto de acciones planificadas, coordinadas, organizadas y consensuadas, para administrar y manejar adecuadamente la unidad hidrológica, considerando su efecto y que la dinámica de dicho sistema, tienen diferentes connotaciones. En general el proceso en el cual se efectúa este conjunto de acciones ha sido catalogado como acciones de gestión a nivel de cuencas o simplemente de gestión de cuencas. Estas actividades de gestión tienen diferentes objetivos por lo cual reciben diferentes nombres. Los objetivos más conocidos son:

- a. Desarrollo de cuencas, desarrollo integrado de cuencas.
- b. Manejo de cuencas, ordenamiento de cuencas.
- c. Desarrollo de recursos hídricos, administración del agua.
- d. Protección de cuencas, recuperación de cuencas (Matus, 2007).

c. Gestión integrada del recurso hídrico -GIRH-

Es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Elementos importantes; El marco y enfoque del GIRH reconocen que los elementos complementarios de un sistema de manejo de recursos de agua efectivo debieran desarrollarse y fortalecerse concurrentemente. El ambiente propicio, el marco general de las políticas nacionales, legislaciones y regulaciones y la información del manejo de los recursos de agua para los interesados (Matus, 2007).

d. Ciclo hidrológico

Se denomina ciclo hidrológico, al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido, gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.). Como todo ciclo, su descripción puede comenzar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre, ríos, lagos y mares, se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor resultante es transportado por las masas de aire en movimiento. En determinadas condiciones, el vapor se condensa formando las nubes, que a su vez, pueden ocasionar precipitaciones que caen a la tierra. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse, o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes, o se infiltra. El agua es interceptada y una parte infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos y otras forman grandes masas de agua como los lagos. El agua que se infiltra satisface la humedad del suelo y abastece los depósitos subterráneos, de donde puede fluir hacia las corrientes de los ríos, o bien descargar en los océanos, la que queda detenida en la capa vegetal del suelo es regresada a la atmósfera por transpiración (Herrera 1995).

#### e. Precipitación

La precipitación es uno de los componentes más importantes del ciclo hidrológico siendo muy variable tanto en época como en espacio, es variable en gran medida gracias a la elevación del terreno (Herrera 1995).

#### f. Precipitación efectiva

Según Linsley (1988) es la porción de la precipitación que puede infiltrarse en el perfil del suelo y estar de forma disponible para ser aprovechada por las raíces de las plantas o bien alcanzar estratos más profundos como los acuíferos. La precipitación efectiva está condicionada principalmente por cuatro factores: la intensidad de lluvia, velocidad de infiltración en el suelo, cobertura vegetal, la topografía. Todos los factores están relacionados, por ejemplo si la intensidad de la precipitación es más baja que la capacidad de infiltración del suelo no habrá escorrentía superficial mientras que, con una topografía plana y abundante cobertura vegetal, se puede reducir considerablemente la velocidad de la escorrentía superficial.

#### g. Evapotranspiración

La evapotranspiración es un proceso por el cual el agua es evaporada por el terreno adyacente, ya sea por la superficie del suelo o de las superficies de las hojas de la planta; la transpiración resulta del desprendimiento del agua en forma de vapor de las hojas de las plantas, la cual ha sido absorbida desde el suelo y llevada a través de los tallos hasta la superficie foliar de donde pasa a la atmósfera. Con fines prácticos la evapotranspiración representa entonces toda el agua que se desaparece del área por efecto del clima, existiendo o no una regulación por parte de las plantas. Por lo que la evapotranspiración es la suma de la evaporación y la transpiración (Herrera, 1995).

#### h. Factores que afectan la evapotranspiración

Fundamentalmente son tres los factores que intervienen en la evapotranspiración que son: el clima, el suelo y la planta, por lo que respecta al clima, influyen en la evapotranspiración, la velocidad del viento, el número de horas luz, la radiación solar etc.

El suelo, se comporta sobre todo por lo que respecta a la cantidad de agua almacenada, ya que a medida que aumenta la sequía y se acerca al punto de marchites, es aprisionada el agua con mayor intensidad, siendo cada vez menor el volumen cedido a las plantas y a la atmósfera, disminuyendo la evapotranspiración por ambas causas a la vez (Herrera, 1995).

En cuanto a la planta, influirá no solo su especie, según el mayor o menor número de estomas por unidad de superficie foliar, sino el periodo de vegetación en que se encuentre (Herrera, 1995).

#### i. Escorrentía

Según Matus (2007), el agua de lluvia satisface inicialmente las demandas hídricas del suelo y el ambiente atmosférico que rodea los cultivos: la temperatura, humedad relativa, lluvia, radiación solar y viento. Por efecto de estas cinco variables, se produce la transpiración de las plantas vía estomas y la evaporación del agua de la superficie del suelo. Simultáneamente, ocurre infiltración de agua en el suelo, parte de la cual se almacena en sus horizontes y otra recarga los acuíferos subterráneos, dependiendo de la textura, estructura, tipos de poros y contenido de materia orgánica del suelo. Cuando la precipitación pluvial ha cubierto todas las demandas, ocurre la escorrentía superficial. El nivel de escorrentía es afectado por el relieve ya que si se presenta una topografía abrupta existe más escorrentía.

#### j. Infiltración

Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares (Herrera, 2002).

Maderey (2005) citado por Matus 2007, señala que la infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo; el agua infiltrada provee casi a todas las plantas terrestres y muchos animales, alimenta al agua subterránea y a la vez a la mayoría de las corrientes en el período de estiaje, reduce las inundaciones y la erosión del suelo.

En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases: a) intercambio. Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera a través de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas; b) Transmisión. Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable; c) Circulación. Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo.

#### k. Balance hídrico

El balance hídrico es una representación teórica de los intercambios de agua entre las plantas, el suelo y la atmósfera, este nos permite cuantificar los recursos hídricos a diferente escala como parcela, finca, cuenca, región y las modificaciones del mismo por influencia de las técnicas de manejo de la agricultura y de las actividades del hombre en general (Herrera, 2002).

El balance hidrológico proporciona información acerca de la oferta hídrica, es decir con cuanto disponemos de agua para las diversas actividades; mientras que la demanda hídrica está condicionada por el consumo en metros cúbicos necesarios para satisfacer los diferentes usos, esto nos dimensiona la importancia de contar con balance hídrico; ya que nos brinda los elementos precisos en la toma de decisiones en torno al aprovechamiento de los recursos hídricos de una forma racional y sostenible (Herrera, 2002).

#### l. Ecuación general del balance hídrico

El balance hídrico está sustentado en la aplicación del principio de conservación de masa, conocida como ecuación de la continuidad. Esta expresa la equivalencia entre los aportes de agua que entran al volumen de control y la cantidad de agua que sale considerando además las variaciones internas en el almacenamiento de humedad ocurrida durante un período de tiempo (Herrera, 2002).

La ecuación del balance hídrico se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Precipitación (+ agua de otras cuencas)} = \text{evapotranspiración} + \text{escorrentía superficial} + \text{escorrentía subterránea (+ agua de otras cuencas)} \pm \text{almacenamiento}$$

### m. Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran naturalmente por debajo de la superficie de la tierra, ocupando espacios vacíos de las rocas o suelos. La zona por donde se puede desplazar el agua dentro del suelo se divide en general en dos: zona de aireación y zona de saturación.

En la zona de aireación los intersticios están ocupados parcialmente por agua y por aire, pero el agua está sostenida en las partículas del suelo o la roca por fuerzas capilares. La zona de saturación está limitada en su parte superior por una superficie de saturación o un estrato impermeable, no toda el agua que llena los intersticios de la zona saturada puede ser drenada por gravedad o bombeo ya que las fuerzas moleculares de tensión superficial retienen una porción del agua (Herrera, 2002).

Otro concepto de agua subterránea es el que propone Matus (2007), en el que el agua subterránea es la que ocupa todos los vacíos dentro del estrato geológico, comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático. Es de gran importancia especialmente en aquellos lugares secos, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año. Esta agua proviene de la infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirectas de los ríos o lagos.

El agua procedente de las precipitaciones atmosféricas penetra en el terreno por gravedad, favorecida por la existencia de grietas o fisuras en las rocas, y por la misma porosidad de los materiales que forman el subsuelo, constituyendo así el agua subterránea también llamada "freática" (Matus, 2007).

Las aguas subterráneas no son más que una de las fases o etapas del ciclo del agua, no tienen necesariamente un origen magmático o profundo. A veces se olvida esta obviedad y se explotan las aguas de una cuenca hidrológica como si nada tuviera que ver con las precipitaciones o la escorrentía superficial, con resultados indeseables (Matus 2007).

#### n. Acuífero

Se denomina acuífero a una masa de agua existente en el interior de la corteza terrestre debido a la existencia de una formación geológica que es capaz de almacenar y transmitir el agua en cantidades significativas, de tal forma que permiten extraer cantidades de agua, de una forma que es económicamente rentable. Como acuífero se entiende la parte saturada del perfil del suelo y que tiene la facilidad de almacenar y transmitir el agua. El perfil del suelo está formado de sedimentos no consolidados o débilmente consolidados, depositados horizontalmente o simplemente estructurados, en capas mejor o peor definidas. Una característica común de estas capas es la de ser de poco espesor en relación con su extensión horizontal. Estas capas se clasifican en permeables, semipermeables e impermeables (Custodio y Llamas, 2001).

#### o. Manantiales

Manantial es la salida natural de agua de un acuífero a la superficie terrestre en un punto localizado. Estos se localizan en una discontinuidad del estrato impermeable, ladera, cauce de río, dando origen a manantiales cuyo nombre recoge la situación: manantiales de ladera. Custodio y Llamas (2001), define los manantiales como zonas de la superficie del terreno en la que, de modo natural, fluye a la superficie una cantidad apreciable de agua, procedente de los acuíferos o embalses subterráneos. Es decir que los manantiales son desagües o aliviaderos por los cuales sale la infiltración o recarga que reciben los embalses subterráneos y pueden ser locales o regionales.

#### p. Recarga y zonas de recarga

Recarga es el nombre que se le da al 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. La recarga es el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes: de la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencias de otro acuífero o de un acuitardo (INAB 2003).

q. Factores que afectan la recarga hídrica

La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial, y del caudal de los ríos; así mismo varía o depende de acuerdo a la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad, de la duración e intensidad de la lluvia y del patrón de drenaje de la cuenca. También la pendiente de la superficie constituye un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y, si son menos fuertes, retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración (INAB , 2003).

Según INAB (2003) los factores que afectan la recarga hídrica son:

- **El clima**, dentro de este los factores que afectan la recarga hídrica son, la evapotranspiración, debido a las pérdidas de agua por la transpiración de las plantas y la evaporación del agua y la precipitación pluvial.
- **El suelo**, suelos impermeables o compactos impiden o dificultan la infiltración o recarga hídrica, mientras que suelos permeables facilitan la recarga en los acuíferos. Las características del suelo que influyen en la recarga son, la textura, la densidad aparente, grado de saturación del suelo (contenido de humedad) y la capacidad de infiltración.
- **Topografía**, esta influye debido al tiempo de contacto que permite entre el agua con la superficie, pendientes fuertes favorecen la escorrentía superficial, disminuyen el tiempo de contacto del agua con la superficie y reducen la infiltración del agua o recarga de los acuíferos.
- **Estratigrafía geológica**, es muy importante estudiar la estratigrafía de la zona, es decir conocer la disposición de los diferentes materiales geológicos en los distintos estratos o capas del suelo hasta llegar a la zona saturada (agua subterránea), ya que estos pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica.
- **Cobertura vegetal**, esta disminuye la escorrentía superficial, permitiendo mayor contacto del agua con la superficie y facilitando el proceso de infiltración del agua, por otro lado gran parte de la lluvia que cae es depositada en la cobertura vegetal como intersección; en este factor es necesario considerar la profundidad radicular y la capacidad de retención vegetal.

- **Escurrimiento**, el agua que cae proveniente de las precipitaciones forma flujos superficiales, subsuperficiales y subterráneos los cuales son captados por los cauces de los ríos.

r. Relieve o topografía

La inclinación del terreno tiene que ver en la capacidad de recarga de un acuífero principalmente porque determina el tiempo de contacto del agua con la superficie del suelo. En condiciones de poca pendiente, el agua tiene más oportunidad de infiltrar, ya que se disminuye la escorrentía y se aumenta el tiempo de contacto, por el contrario en condiciones de elevada pendiente, el agua adquiere velocidad, provocando mucha escorrentía y disminuyendo el tiempo de contacto con la superficie del terreno y con ello la oportunidad de infiltrar (Custodio y Llamas, 2001).

s. Características del suelo

Cuando se refiere a las zonas de mayor recarga hídrica de los acuíferos subterráneos es importante conocer y entender cuáles son las principales características del suelo que pueden favorecer o no la mayor recarga de los acuíferos, entre estas características podemos referirnos a la infiltración, permeabilidad, conductividad hidráulica, capacidad de campo las que a su vez están influenciadas por la textura, porosidad y contenido de materia orgánica presente en los suelos.

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

**Estructura:** Es el producto de la combinación de los tres componentes primarios arenas, limos y arcillas y otros más grandes (tanto de naturaleza mineral como orgánica), los que por acción directa de materiales cementantes, se agregan y forman lo que se conoce como pedos. Entre los materiales cementantes más importantes se encuentran los minerales arcillosos, la materia orgánica, los óxidos

de hierro y aluminio, los carbonatos, etc. El proceso de formación de estructura se llama agregación (floculación) y es lo contrario a dispersión (desfloculación).

Una característica importante de la estructura del suelo, es la capacidad que tienen los granos de retener su forma cuando se humedecen y de permitir el paso del agua a través del suelo. A esta propiedad se le llama estabilidad estructural. Los granos del suelo deben tener suficiente estabilidad para permitir el libre paso del agua y la entrada de aire conforme sale el.

**Densidad aparente:** El material sólido que compone un suelo tiene una densidad real del orden de 2.6 pero el volumen que ocupa realmente en el terreno es mucho mayor y surge el concepto de densidad aparente, pues el volumen aumenta debido a la cantidad de poros del suelo los cuales están llenos de aire o agua.

**El agua en el suelo:** Existen diferentes formas en el cual el agua se encuentra en el suelo debido a esto se establecen los siguientes tipos: agua retenida por fuerzas no capilares, agua retenida por fuerzas capilares y agua no retenida por el suelo (Custodio y Lamas, 2001).

La capacidad de los suelos para retener agua es una característica muy importante en el balance hídrico. Mientras menor sea la capacidad de los suelos de retener agua infiltrada, mayores será las posibilidades de que esta pase a formar parte de la humedad de estratos inferiores, hasta alcanzar la forma saturada, de esta manera en el cálculo de balance hídrico de suelos, se determinarán las constantes de humedad de un suelo, las cuales son:

- Capacidad de Campo
- Punto e Marchites Permanente
- Agua Utilizable por las planta

t. Movimiento del agua en el suelo

El movimiento del agua ocurre cuando hay diferencias de potencial entre diferentes puntos del sistema; el agua tiende a moverse de alto a bajo potencial. Ya que el componente de succión (consistente sobre todo de gradiente matricial, osmótico o termal) puede exceder el componente gravitacional, el agua puede moverse verticalmente hacia arriba y hacia

abajo o permanecer sin movimiento, cuando la gradiente de succión balancea la fuerza de gravedad.

Los factores más importantes que influyen en el movimiento del agua en el suelo son los siguientes:

- El gradiente hidráulico o fuerza motriz, que es igual a la diferencia de potencial del agua entre dos puntos del suelo, dividida por la diferencia entre los puntos mencionados.
- El grado de facilidad con que el suelo permite el flujo de agua (conductividad hidráulica).

#### u. Geología

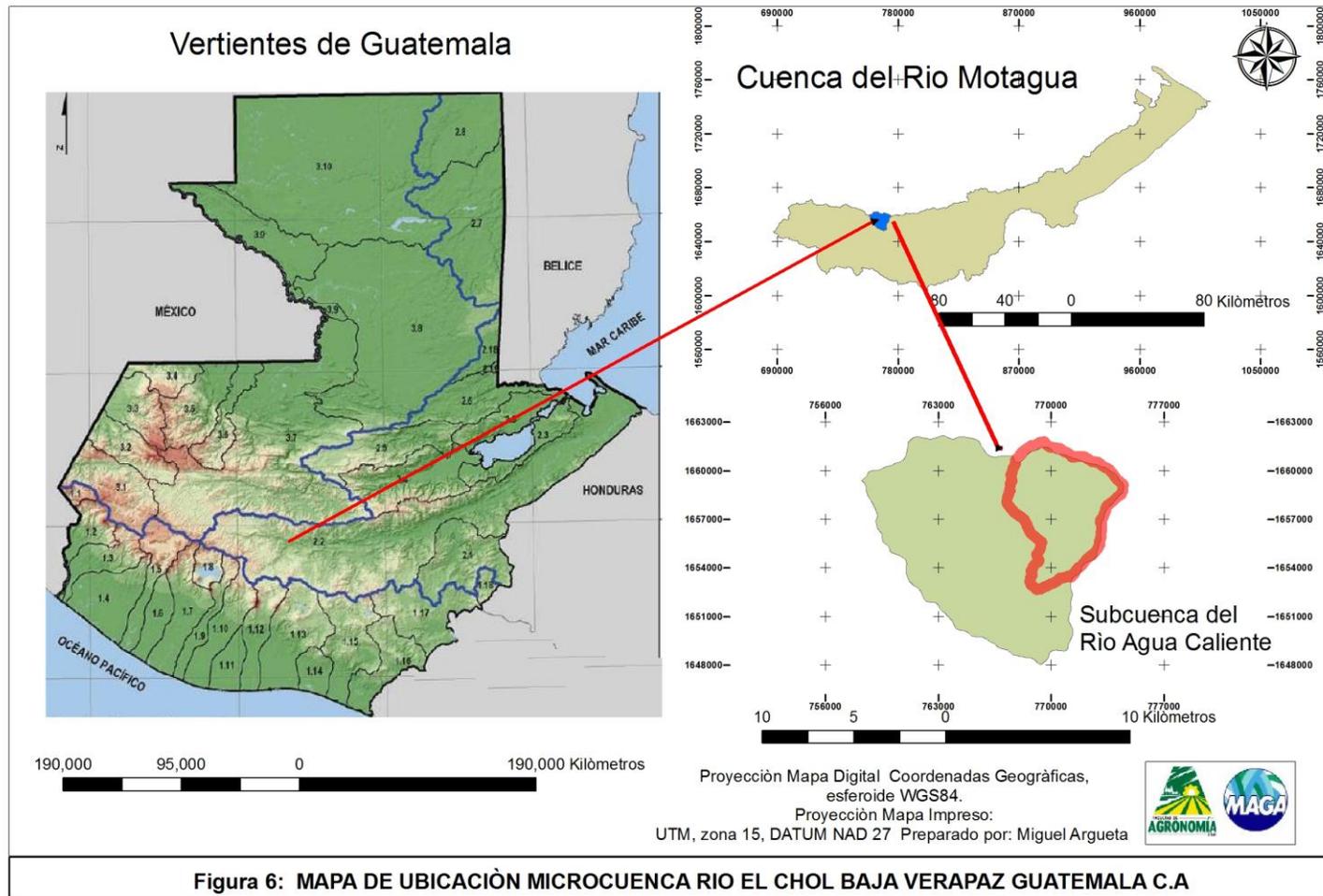
Las rocas son agregados naturales que están formadas por minerales que en su estado sólido presentan un patrón atómico y/o molecular ordenado y tridimensional. Los minerales son sustancias inorgánicas con características definidas de color, brillo, dureza, estructura cristalina, composición química, simetría espacial, relación tridimensional de ejes, etc. El ciclo de las rocas: el magma se transforma en rocas ígneas y de éstas pueden generarse sedimentos, rocas sedimentarias o rocas metamórficas. Las rocas ígneas y sedimentarias dan origen a las rocas metamórficas y éstas al magma (Escobar 2003).

### **2.2.2 Marco referencial**

El Chol data del siglo XVII y su nombre se deriva de “Chiol “la deformación de “Txi-Huol”, con que se nombró en Nahoá la cueva que en Quiché se llama Xhiabalbá.

#### a. Ubicación

La microcuenca del Río El Chol se encuentra ubicada dentro del municipio de Santa Cruz El Chol, departamento de Baja Verapaz, limita al norte con el municipio de Rabinal, Quiché, al sur con el municipio de San Juan Sacatepéquez, del departamento de Guatemala, al este con Salamá, y al oeste con el municipio de Granados del departamento de Baja Verapaz.



Cuadro 14: Colindancias de la microcuenca del río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

<b>Limite</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>
norte	Rabinal	Baja Verapaz
sur	San Juan Sacatepéquez	Guatemala
este	Salamá	Baja Verapaz
oeste	Granados	Baja Verapaz

Sus coordenadas UTM están entre 767000 y 775000 metros de longitud y 1552000 y 1562000 metros de latitud.

b. Superficie

La microcuenca Río El Chol tiene una superficie de 3,959.7 hectáreas con una topografía quebrada de fuertes pendientes que va de 26 hasta mayores del 55% (Figura 5 A).

Cuadro 15: Rangos de pendientes según metodología INAB

<b>Pendiente</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
<b>0-12</b>	352.42	9.0%
<b>12-26</b>	314.22	8.0%
<b>26-36</b>	1,326.39	33.9%
<b>36-55</b>	1,135.44	27.7%
<b>&gt;33</b>	831.13	21.3%
<b>TOTAL</b>	3,959.60	100.0%

c. Altimetría

En el punto de aforo la altitud es de 900 msnm lo que representa la parte baja de la microcuenca, en la parte alta llega a los 2100 msnm y coincide con el limite municipal que es la cima del Cerro Tuncaj.

d. Hidrografía

La microcuenca Río El Chol se encuentra en la vertiente del Mar Caribe en la cuenca del río Motagua. El sistema de drenaje de la microcuenca del Río El Chol lo conforman los ríos La Virgen y El Río Chiquito y por seis quebradas: Q. El Peñasco, Q. Santa Lucia, Q. El Astillero Q. El Hato, Q el Tabloncito, Q. Casa De Teja; El Río El Chol es afluente del Río

Agua Caliente el cual el afluente del Río Sychicul el cual finalmente desemboca en el Río Motagua (Figura 6).

#### e. Clima

Según el mapa de zonas de vida en la microcuenca Río El Chol se identificó que cuenta con: bosque húmedo subtropical templado Bhs(t) que ocupa un 52%(12,452 ha) en la parte baja de la cuenca, con patrón de lluvias de 200 a 2500 milímetros y una temperatura media de 34.5 grados Celsius, bosque muy húmedo subtropical templado Bmhs(t) que ocupa un 48 % (2649.67 ha).

#### f. Geología

El municipio de Santa Cruz El Chol se encuentra ubicado en la Cordillera central que consiste en una faja de rocas metamórficas, sedimentarias y plutónicas, incluyendo esquistos, gneisses, mármoles; donde se han reconocido rocas de edades desde el Penisválico Superior hasta el Terciario (Anexo 4 A).

#### g. Suelos

Según Simons (1959), la serie de suelos presentes en la microcuenca Río El Chol son:

- **Serie el Chol:** se presenta en 1988 hectáreas del área total suelos poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre esquisto en clima seco a húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a elevaciones medianas en la parte central de Guatemala. Están asociados con los suelos Marajuna, Civija, y Acasaguastlan. La cubierta vegetal más común es pino.
- **Serie de suelos Marajuna:** se presenta en 1822 hectáreas del área total, suelos profundos bien drenados desarrollados sobre esquistos; en un

clima húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas, está asociados con los Suelos EL Chol, pero son más profundos, bosque más denso estando la vegetación compuesta con bosques deciduos mezclados con pino e incluyen liquidambar (*Liquidambar Styraciflua*) y encino (*Quercus Spp*).

#### h. Producción Forestal

El bosque es uno de los principales recursos naturales del municipio de Santa Cruz El Chol, los suelos de la zona tienen una inminente vocación forestal. En general, los bosques son aprovechados mediante planes de manejo autorizados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), por lo que otros recursos naturales no han sido afectados drásticamente. Los bosques mixtos de pino (*Pinus maximinoii* y *Pinus oocarpa*) y encino (*Quercus spp.*) son los más comunes en la zona alta y media del municipio, y los de latifoliadas son los predominantes en la zona baja, que es propiamente la zona sur y suroeste de Santa Cruz El Chol. Son pocas las áreas con bosques netamente de coníferas.

Cuadro 16: Uso de tierras con bosques del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Calidad del bosque	No. de fincas	Superficie (Ha)
Bosques plantados en explotación	7	10.51
Bosques plantados no en explotación	19	29.67
Bosques naturales en explotación	14	128.53
Bosques naturales no en explotación	160	1,019.59
<b>Total</b>	193*	*1,188.31

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario 2003, INE. \* Algunas fincas tienen bosque natural y plantado. \* total de bosques del municipio Santa Cruz el Chol.

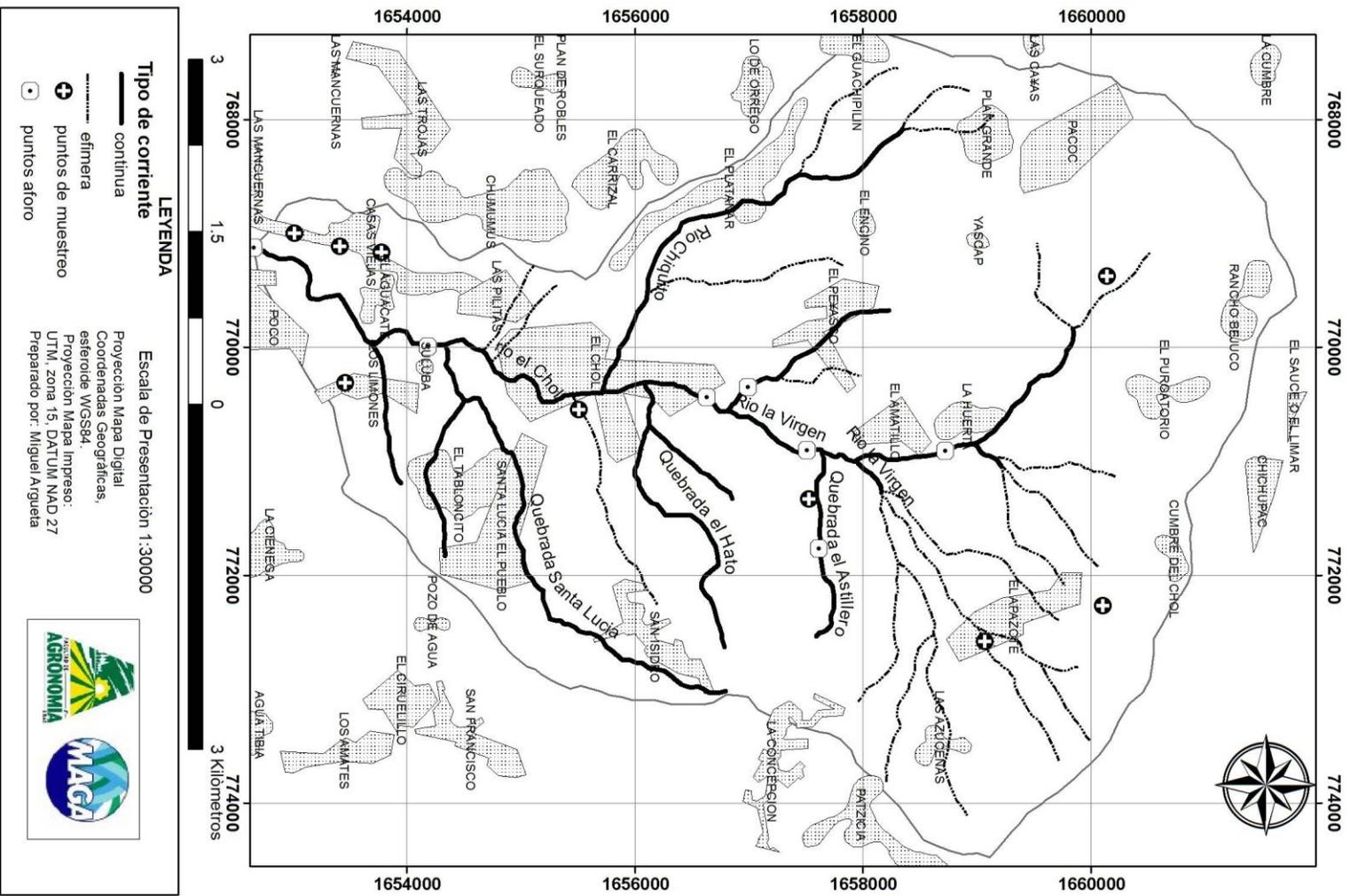


Figura 7. MAPA DE RED HIDROLÓGICA LA MICROCUENCA RIO EL CHOL, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A

Existen actualmente más de veinte fincas con bosques naturales o sembrados que se encuentran en fase de aprovechamiento forestal, todos bajo el control del INAB . Las especies aprovechadas más comunes son *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoii* y *Quercus spp.* Los principales productos que se comercializan de estos bosques son troza, madera aserrada, leña y postes. Aunque las autoridades intentan llevar un rígido control de los planes de manejo y su consecuente aprovechamiento, el personal del INAB es escaso para cubrir toda la zona. Además, el control de parte de las fuerzas de seguridad es bajo, también por el escaso personal (Rueda 2007).

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar las principales áreas de recarga hídrica natural, de la microcuenca Río el Chol, municipio Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz.

### **2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el balance hídrico de suelos para estimar la recarga hídrica natural de la microcuenca del Río el Chol.
- Determinar las zonas de la microcuenca Río El Chol que presentan mayor volumen de recarga hídrica (m<sup>3</sup>)
- Estimar el volumen de agua que se presenta como escorrentilla y el volumen del factor de retención por vegetación en el año hidrológico para la microcuenca Río el Chol.
- Identificar las áreas críticas de recarga hídrica con mayor susceptibilidad a la degradación.
- Plantear acciones de intervención para la protección de las áreas críticas de recarga hídrica identificadas como zonas de “alta” y “muy alta” degradación de la microcuenca Río el Chol.

## 2.4 METODOLOGÍA

La presente metodología se elaboró utilizando como base el modelo analítico para determinar infiltración (Schosinsky y Losilla, 2003) con esta información se realizó el Balance Hídrico de suelos de la microcuenca Río el Chol, posterior a esto se genera un mapa clasificando las zonas de alta, media y baja recarga hídrica.

### 2.4.1 Fase I Gabinete Inicial

#### a. Recopilación de Información Básica

Se recopiló información existente utilizando tesis y trabajos de graduación relacionados con el tema de investigación y con el área de trabajo. Se delimitó la microcuenca Río El Chol mediante la utilización del programa de Software de GIS utilizando las hojas cartográficas digitalizadas escala 1:50000 de El Chol, Granados, Cubulco y Rabinal.

Se obtuvieron las ortofotos digitalizadas escala 1:10000 de la microcuenca para realizar el mapa de cobertura forestal, además de los Shapes (archivos digitales) de los mapas de series de suelo, geología, zonas de vida, población y cuencas hidrográficas realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAGA-.

#### b. Recopilación de información climática

Se obtuvo información climática de las estaciones del Instituto Nacional de Bosques INAB: Don Pedro y Medio Monte ubicadas en el municipio de Granados Baja Verapaz.

Cuadro 17: Estaciones Climáticas utilizadas en la estimación de la recarga hídrica del la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Estación	Coordenadas UTM		Altitud m.s.n.m
	X	Y	
Don Pedro	756139	1657704	2111
Medio monte	757276	1654719	1609
Concua	756345	1654678	602

## 2.4.2 Fase II elaboración de mapas temáticos

### a. Elaboración de mapas temáticos

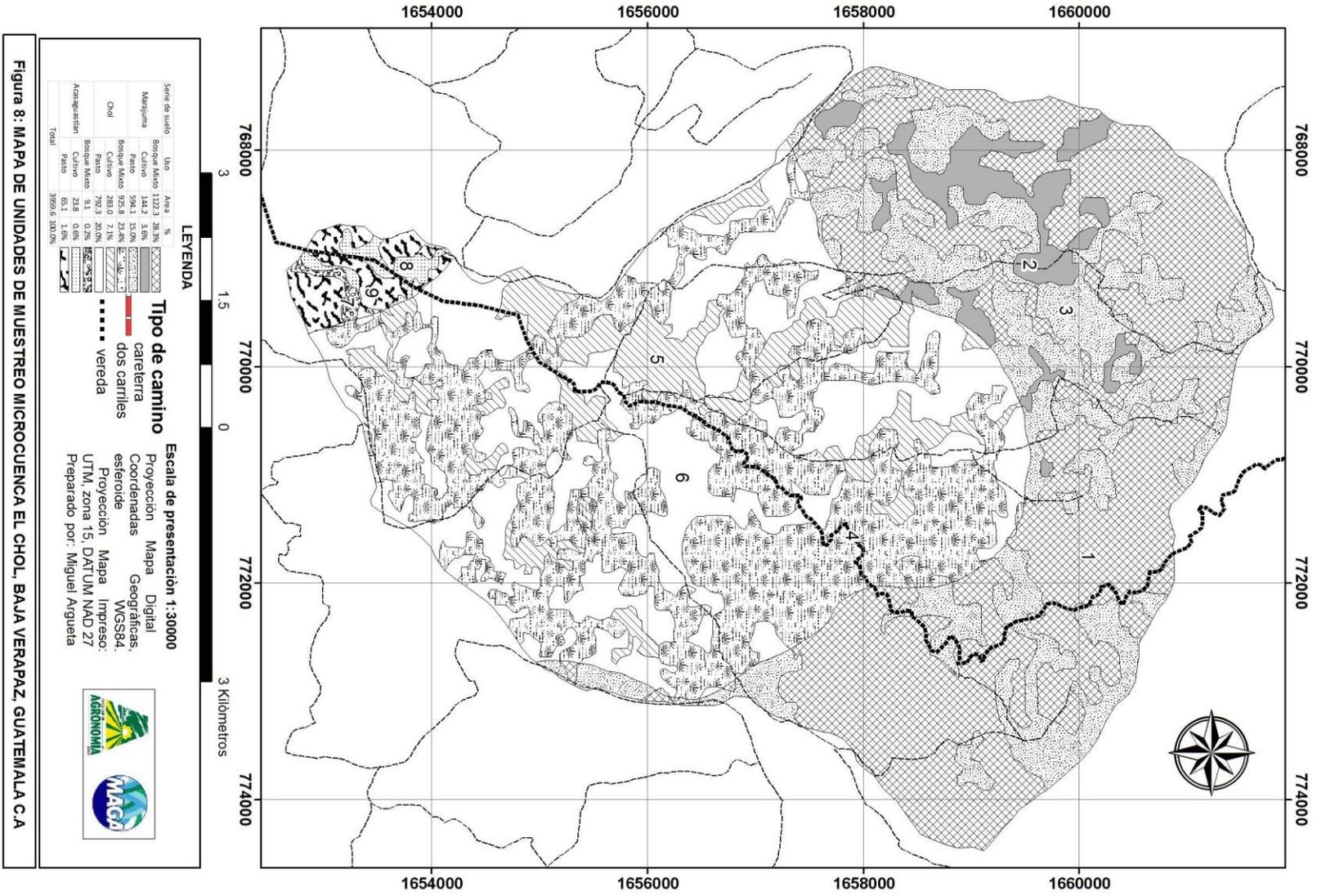
Para generar los mapas preliminares se utilizaron los Shapes elaborados por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA-, los mapas se realizaron con ayuda del programa Software de GIS. Estos se generaron en el laboratorio de sistemas de información geográfica de la Facultad de Agronomía y la Unidad de Cuencas Hidrográficas del -MAGA-, los mapas generados fueron: Serie de Suelos, Uso de la Tierra 2009, Zonas de Vida, Mapa de ubicación geográfica, Red Hidrológica.

### b. Elaboración de unidades de muestreo

Para la elaboración de unidades de muestreo se utilizaron los mapas de Uso del la Tierra 2009, serie de suelos y geología utilizando el Software de GIS para superponer los mapas; en total se obtuvieron 9 unidades de muestreo, las cuales se enumeran en el cuadro 18 (figura 8).

Cuadro 18: Unidades de muestreo, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Numero	Serie de Suelos	Uso de la tierra	Geología
0	***	Centros Poblados	Pzm
1	Marajuma	Bosque Mixto	
2		Granos Básicos	
3		Pastos Naturales	
4	Chol	Bosque Mixto	
5		Granos Básicos	
6		Pastos Naturales	
7	Acasaguastlan	Bosque Mixto	
8		Granos Básicos	
9		Pastos Naturales	



### 2.4.3 Fase III toma de datos en campo.

En cada unidad de muestreo se verificó la pendiente media del terreno, la cobertura vegetal así como la profundidad efectiva del suelo para realizar la posterior corrección de los mapas preliminares.

#### a. Pruebas de infiltración

Las pruebas de infiltración se realizaron en cada unidad de muestreo por el método de Porchet o cilindro invertido, esto consistió en cavar un agujero cilíndrico en el suelo con un radio "R" (según el diámetro del cilindro), el cual se llenó de agua hasta una altura conocida "h", y medir un cambio en el tiempo dt en el que desciende el nivel del espejo de agua y de esta manera suponer una constante de capacidad de infiltración y la ecuación para determinar infiltración básica es:

$$F = (R/2(t_2 - t_1)) * \ln((2h_1 + R)/(2h_2 + R))$$

Por lo que para determinar "f", bastó con medir los pares de valores (h<sub>1</sub>,t<sub>1</sub>)1 (h<sub>2</sub>,t<sub>2</sub>), de forma que t<sub>2</sub> y t<sub>1</sub>, no difieran demasiado y se divide entre los valores de radio del agujero de la expresión (Herrera 2002).

#### b. Determinación de densidad aparente, textura y constantes de humedad del suelo

Para la determinación de las características físicas del suelo se tomó una muestra de un kilogramo de suelo, para cada unidad de muestreo y se envió al laboratorio de Suelo-Agua-Planta de la Facultad de Agronomía de la Universidad De San Carlos de Guatemala, donde se llevaron a cabo los análisis para determinar las características físicas del suelo mencionadas.

#### c. Aforos diferenciales

Para el aforo de manantiales captados se utilizó el método volumétrico, este consiste en tomar una cubeta de volumen conocido y se tomará el tiempo en que la cubeta se tarda en llenar, con estos datos se conocerá el caudal de la caja de captación. El volumen del la

cubeta a utilizar será de 21.4 litros, este volumen se dividirá dentro del tiempo en segundos en el cual el recipiente se llena.

Las fuentes superficiales no captadas se aforaron con el método de sección velocidad en este método se determina separadamente el área de una sección del río y la velocidad, de tal manera que el caudal del río esta dado por:

$$\text{Caudal} = \text{Área}(m) * \text{velocidad media}(m^2) = m^3/\text{seg}$$

Todos los puntos de aforo fueron georeferenciados con sistemas de GPS (sistema de posicionamiento global) y el aparato a utilizado posee una exactitud de 5 metros.

#### d. Aforo diferenciales

Se realizaron aforos diferenciales en algunos tramos de la corriente principal, a finales de la época lluviosa para detectar los sectores en los cuales el río se comporta como efluente o influente. El aforo de estos ríos se realizó con el método sección velocidad.

### 2.4.4 Fase III Gabinete Final

#### a. Determinación de evapotranspiración potencial y real

Para este cálculo se utilizó el método diseñado por Hargreaves, el cual es uno de los más prácticos y confiables recomendado por el INSUVUMEH; además existe una ecuación específica para la región de Centro América.

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM$$

**Donde:**

**ETP:** Evapotranspiración en mm/mes

**TMS:** Temperatura media mensual en grados Fahrenheit

**RSM:** radiación solar incidente mensual

**Donde:**

**RMM:** Radicación mensual extraterrestre en mm/mes

**S:** Brillo medio mensual en (%)

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

**Donde:****Rs:** Radiación solar**S:**  $K_s \cdot (100 - HR)^2$ **Ks:** Constante para Centro América  
igual a 12.5**HR:** Humedad relativa en %**RMM:**  $RS \cdot \text{No. de días del mes}$ 

Para estimar la evaporación real se utilizó el criterio de variación lineal que considera: cuando más se acerque el punto de humedad al punto de marchites, mayor es la dificultad para que las raíces tomen agua del suelo. Los poros pequeños son los que tienen agua y la fuerza capilar es mayor para sacar agua del suelo que utilizan la planta, su cálculo se utilizó la fórmula de estimación de la evapotranspiración real.

$$ETR = ETP \cdot ((C1 + C2) / 2)$$

## c. Precipitación Efectiva

Para determinar la precipitación efectiva se utilizó el método de Schosinsky & Losilla (2003). Éste se basa en la utilización de una ecuación resultante de correlación estadística en análisis de bandas de pluviógrafo, y considera la velocidad de infiltración del suelo como el factor principal que condiciona la cantidad de precipitación pluvial que puede infiltrarse (anexo 1).

La fórmula general elaborada por Schosinsky y Losilla (2003) para la determinación de la precipitación efectiva es la siguiente:

**Donde:****P<sub>ef</sub>:** Precipitación Efectiva (precipitación que infiltra).**P:** Precipitación Mensual.**Ci:** Coeficiente de Infiltración.**Ki:** Valor de Retención Vegetal (para bosque la retención es de 0.20; para cultivos en general 0.12 y para techos de casas, caminos y áreas construidas, es de 0.1 a 0.05).

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

El método se basa en los siguientes aspectos:

- i. La relación existente entre la infiltración y la precipitación ( $K_{fc}$ ) o la fracción que infiltra por efecto del suelo.
- ii. La relación que existe entre la infiltración y la pendiente del terreno ( $K_p$ ) o la fracción que infiltra por efecto de la pendiente.
- iii. La relación que existe entre la infiltración y la cobertura vegetal ( $K_v$ ) o la fracción que infiltra por efecto de la vegetación.
- iv. La sumatoria de estos tres aspectos proporciona el coeficiente de infiltración para un determinado suelo e indica la capacidad de infiltración del mismo.

**Donde:****Ci:** Coeficiente de Infiltración.

$$Ci = K_{fc} + K_p + K_v$$

**K<sub>fc</sub>:** Factor de Infiltración por Efecto del Suelo.**K<sub>p</sub>:** Factor de Infiltración por Efecto de la Pendiente.**K<sub>v</sub>:** Factor de Infiltración por Efecto de la Cobertura Vegetal.

Para el valor del factor de infiltración por efecto del suelo, Schosinsky & Losilla (2003), obtuvieron una ecuación que relaciona la capacidad de infiltración de agua en el suelo (infiltración básica) con la intensidad de la lluvia, y es la siguiente:

$$K_{fc} = 0.267 \times \ln(fc) - 0.000154(fc) - 0.723$$

Donde:

K<sub>fc</sub>: Factor de Infiltración de agua en el suelo e intensidad de lluvia.

Ln: Logaritmo Neperiano (natural).

fc: Valor de Infiltración Básica en mm/día.

Esta ecuación tiene un rango de funcionamiento de  $16 \leq fc \leq 1,568$ . Para un valor de fc de 16 entonces  $K_{fc} = 0.0148$ , valores menores son negativos, para lo cual valores de fc menores de 16 se utiliza la siguiente fórmula:

$$K_{fc} = 0.0148 \times \frac{fc}{16}$$

Y para valores de fc mayores de 1,568 los valores de K<sub>fc</sub> serán inicialmente mayores que uno; luego, K<sub>fc</sub> comienza a ser menor que uno, a partir de  $K_{fc} > 1,910$ , lo que no es posible. Por lo tanto para valores de fc mayores de 1,568,  $K_{fc}=1$ .

Los valores del factor de infiltración por efecto de la pendiente (K<sub>p</sub>) y el factor de infiltración por efecto de la cobertura vegetal (K<sub>v</sub>) propuestos por Schosinsky y Losilla (2000), se presentan en el cuadro 19:

Cuadro 19: Valores de Infiltración por Efecto de la Pendiente (K<sub>p</sub>).

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

Fuente: Schosinsky y Losilla 2003.

Cuadro 20: Valores de Infiltración por Efecto de la Cobertura Vegetal (Kv).

Tipo de cobertura vegetal	Coefficiente propuesto
Zacate (< 50%)	0.09
Terrenos Cultivados	0.10
Con Pastizales	0.18
Bosques	0.20
Zacate (> 75%)	0.21

Fuente: Schosinsky y Losilla 2003

## d. Calculo de recarga hídrica natural

Para el cálculo de la recarga se utilizará la siguiente fórmula:

**Donde:**

Rh: recarga Hídrica

Pef: Precipitación efectiva

HIS: Humedad inicial del suelo

HFS: Humedad final del suelo

**ETR:** Evapotranspiración real

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

## e. Balance hídrico de suelos

El cálculo del balance se basa en la diferencia de entradas (ETR, escorrentía, retención vegetal) y salidas (recarga Hídrica).

## f. Delimitación de áreas críticas de recarga

Para delimitar las zonas más susceptibles a deterioro se utilizó la metodología para delimitación de zonas de recarga hídrica propuesta por el INAB (2003) La metodología busca identificar aquellas áreas que por sus aportes en láminas de recarga potencial, constituyen áreas principales de recarga hídrica natural, y dentro de estas aquellas que por sus características específicas, se consideran susceptibles a disminuir su potencial de recarga al ser sometidas a un manejo contrario a su capacidad, a estas áreas se le denomina áreas críticas.

Las áreas críticas se reconocen considerando básicamente los siguientes aspectos: Geología, Infiltración básica, Recarga natural (lámina anual), Pendiente Las áreas serán

evaluadas en cada uno de los aspectos y luego la sumatoria de todos los códigos dará como resultado la categoría en la cual se encuentra dicha área.

En el cuadro 21 se detallan las categorías para cada uno de los aspectos a considerar para la determinación de las áreas críticas de recarga hídrica natural:

Cuadro 21: Criterios de geología

<b>Categoría</b>	<b>Código</b>
Rocas ígneas o metamórficas no fracturadas	0
Rocas ígneas o metamórficas Fracturadas	1
Arenas finas, basaltos permeables, karst	2
Arenas gruesas y gravas	3

Fuente: INAB 2003

Los códigos son asignados en base a las características del material geológico en función de su permeabilidad; las rocas ígneas o metamórficas no fracturadas poseen una permeabilidad baja lo cual dificulta la recarga de los acuíferos y por el otro extremo tenemos arenas gruesas y gravas poseen poros de gran tamaño a través de los cuales circula el agua con gran facilidad considerándose adecuados para la recarga de los acuíferos.

Cuadro 22: Criterios de infiltración

<b>Categoría mm/h</b>	<b>Código</b>
< 0.15	0
0.15 – 1.15	1
1.15 – 15	2
>15	3

Fuente: INAB 2003

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

Cuadro 23: *Criterios de recarga*

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

Fuente: INAB 2003

Cuadro 24: *Criterios de pendiente*

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

Fuente: INAB 2003

La pendiente (cuadro 24) es un factor importante pues determina el momento de la escorrentía y sus efectos en el suelo, así tenemos que suelos con relieves más planos no favorecen la escorrentía del agua y permiten un mayor tiempo de contacto del agua con el suelo favoreciendo la infiltración, mientras que suelos de altas pendientes aumentan la velocidad de la escorrentía considerándose críticas estas áreas por el grado de degradación que pueden causar y la alteración de las condiciones actuales de recarga de estas áreas.

Cuadro 25: Criterios de susceptibilidad de las áreas a ser consideradas críticas de recarga hídrica natural

<b>Categoría</b>	<b>Rango</b>
Baja	0 – 5
Moderada	6 – 9
Alta	10 – 12
Muy alta	13 - 14

Fuente: INAB 2003

#### h. Elaboración del mapa de zonas de recarga hídrica

Para elaborar el mapa de zonas de recarga primero se realizó una clasificación de zonas según el potencial de recarga, se utilizó el criterio propuesto por Herrera (2002) en donde se determina las zonas de mayor recarga por medio de la cantidad de agua en mm que recarga el acuífero; después de esto se realizará el mapa por medio de el Software de GIS

Cuadro 26: Clasificación de zonas de mayor recarga hídrica natural por medio de la recarga natural

<b>Rango mm/ año</b>	<b>criterio</b>
> 862.5	Muy alta
575 – 862.5	Alta
287.5 – 575	Media
< 287.5	baja

Fuente Herrera 2002

## 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.5.1 Unidades de mapeo

De acuerdo al análisis de los mapas de Geología, Uso de la Tierra 2009 y Serie de Suelos, se determinó que existen 9 unidades de mapeo; en las cuales se realizó la toma de muestras de suelos y las pruebas de infiltración (Figura 8).

Cuadro 27: Ubicación Puntos de muestreo, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

numero	Serie de Suelos	Uso de la tierra	Geología	Coodenadas UTM		Altitud
				X	Y	
1	Marajuma	Bosque Mixto	Pzm	769116	1653405	944
2		Granos Básicos		769110	1655773	943
3		Pastos Naturales		768999	1653009	985
4	Chol	Bosque Mixto		770309	1653451	1010
5		Granos Básicos		770545	1655505	1229
6		Pastos Naturales		771332	1657524	1018
7	Acasaguastlan	Bosque Mixto		772580	1655066	1742
8		Granos Básicos		772269	1660101	1018
9		Pastos Naturales		776975	1666010	1801

### 2.5.2 Información climática

#### a. Clima diagrama

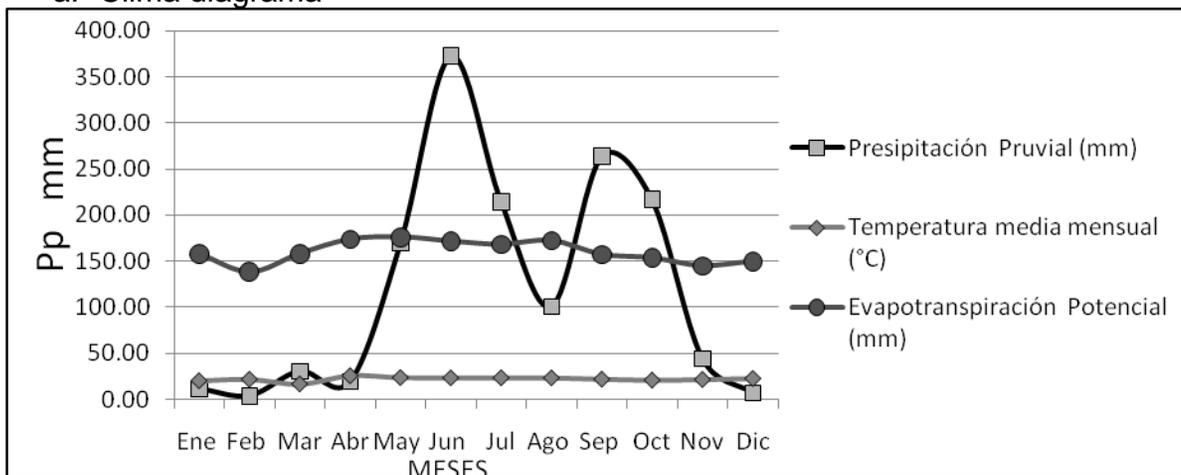


Figura 9: Clima diagrama de la microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Para la elaboración del clima diagrama se utilizaron las estaciones Don Pedro y Medio Monte ya que contaban con registros de temperaturas máximas y mínimas.

En el clima diagrama se puede observar que en la microcuenca Río El Chol la época lluviosa marcada en los meses de abril a octubre observándose el periodo de canícula en el mes de agosto en el cual existe un periodo de déficit de humedad ya que en el mes de agosto la evapotranspiración es mayor que la precipitación, culminando este periodo en el mes de septiembre retornando el periodo de lluvia en el mes de octubre.

### **2.5.3 Calculo de Isoyetas**

Debido a la falta de información climática para la zona, se generaron mapas de Isoyetas Isotermas e Isopletas con información de las estaciones climáticas cercanas a la microcuenca, las estaciones utilizadas fueron: Concuá que posee registros históricos, Medio Monte y Don Pedro que cuentan con datos del año 2007. Estas estaciones se encuentran en condiciones similares a las de la microcuenca Río el Chol, en cuanto al rango altitudinal ya que las estaciones se encuentran entre los 607 a los 2111 msnm y el rango altitudinal de la microcuenca Río El Chol va de 800 a los 2200 msnm, en la figura 5 se puede observar la posición de las estaciones climáticas.

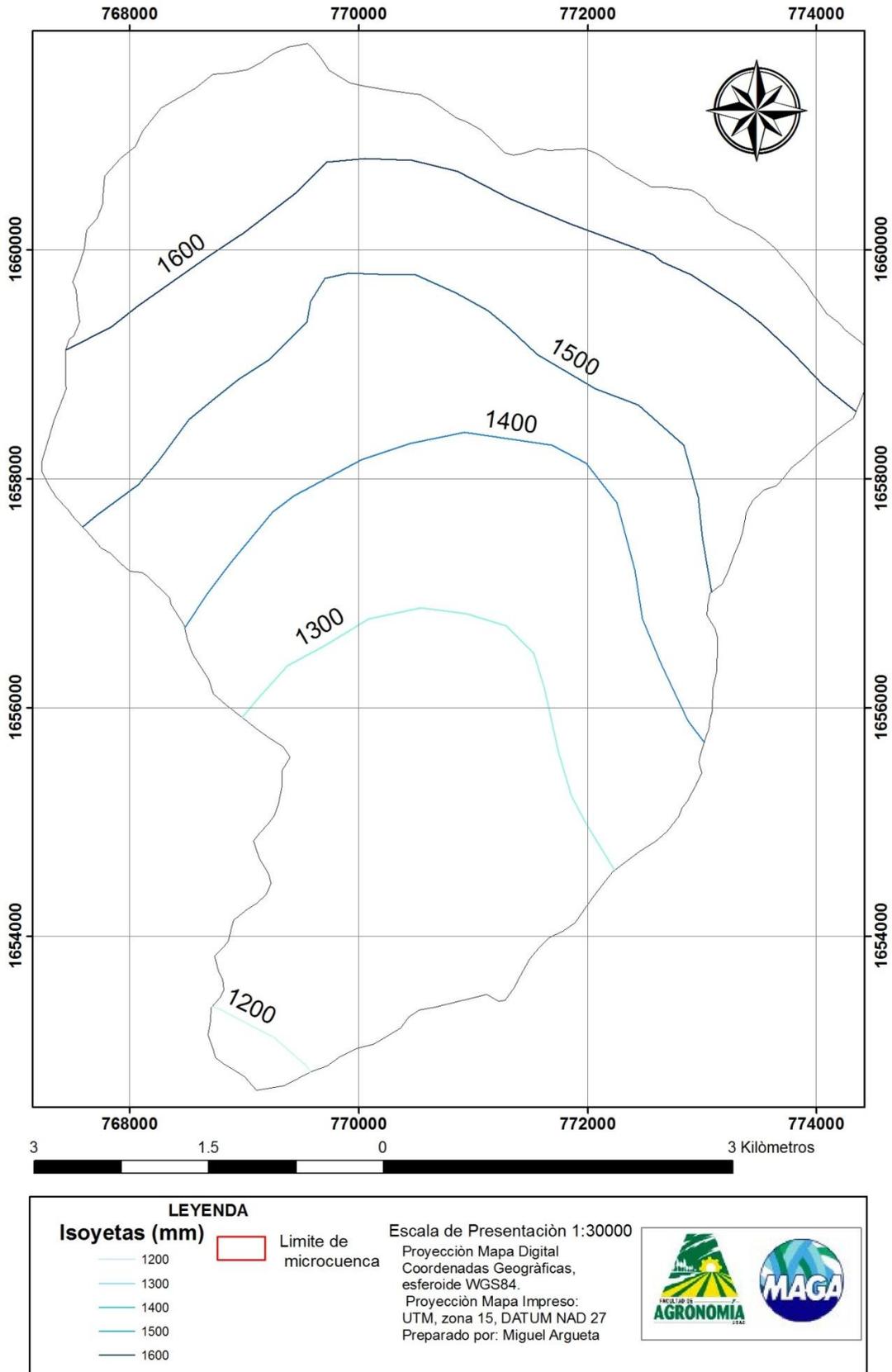


Figura 10 : Mapa de de Isoyetas, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Para la parte baja de la microcuenca se utilizaron los datos de la estación Concuá del INSIVUMEH, la misma solo cuenta con datos históricos de una década de precipitación, los cuales se presentan el cuadro 28, además se utilizaron estaciones climáticas del Instituto nacional de Bosques, los datos se encuentran en el cuadro 29.

Cuadro 28: Precipitación pluvial promedio mensual (mm) de la estación Concuá de INSIVUMEH para los años 1968-1977.

Concuá												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1968	*2.5	*1.1	*29.7	*12.4	153.8	470.7	15.3	80.8	425.4	217.6	29.6	17.8
1969	1.4	3.9	10	17.9	156.6	350.9	296	364.9	298.3	255.3	5	0.5
1970	10	0	56.1	7.9	80.6	153	383.5	223.1	259.6	161.8	1.5	1.5
1971	0	2.4	0	15.6	67.6	129.7	153	373	248.3	301.2	17.6	3.8
1972	6	1.4	5.8	17.1	87	165.6	299.4	92	23.6	69.7	3.6	0.8
1973	0	0	0	0	159	165.4	100.2	703.6	90.6	219.8	18	3.3
1974	0	0	11.8	0.4	62.3	170.7	40.2	44.3	109.8	40.2	0	0
1975	0	0	0	0	102.6	7	70	262	62.4	189.9	8.5	*3.5
1976	*2.5	*1.1	113	18.06	30.9	165.6	48.1	60	69.6	110.8	0	0
1977	*2.5	*1.1	71	34.2	16.4	132	*156.2	60.6	212.5	*174	*9.3	*3.5
Promedio	2.5	1.1	29.7	12.4	91.7	191.1	156.2	226.4	180.0	174.0	9.3	3.5

\*datos faltantes que se estimaron por medio de promedio aritmético

Con los datos de las tres estaciones se elaboraron las isoyetas, los resultados de precipitación anual entre las estaciones Concuá y Medio Monte es de 42.71 mm por cada 100 metros de altitud y entre Medio Monte Don Pedro es de 51 mm de precipitación por cada 100 metros de diferencia altitudinal.

Cuadro 29: Datos de precipitación pluvial (mm) mensual Don Pedro y Medio Monte de Instituto Nacional de Bosques en el Cerro Tuncaj para los años 2003-2005.

<b>Don Pedro</b>												
<b>Año</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>
<b>2003</b>	282.2	370.2	215.2	141.6	325.9	141.4	126.4	11.8				
<b>2004</b>	29.3	8.1	33.9	29.2	1715.2	217.6	375.5	243.5	92.7	303.9	340.2	86.4
<b>2005</b>	26.1	6.8	52.1	38.2	1809							
<b>Medio Monte</b>												
<b>Año</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>
<b>2003</b>	142.2	421	248.7	46.7	332.2	76	39.8	0				
<b>2004</b>	5.5	1.8	48.3	30	187	507	224.1	73.5	224.5	377	16.5	4
<b>2005</b>	8	4.5	0	0	1626.3							

Con los datos ordenados por año hidrológico se elaboraron los cálculos para la elaboración de las isoyetas (cuadro 30 y 32) e isotermas de la microcuenca Río el Chol, para presentarlos de forma cartográfica.

Cuadro 30: Datos de precipitación (mm) de acuerdo con la diferencia altitudinal, Microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

<b>ALTURA</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Total</b>
<b>800</b>	105.3	243.4	170.7	191.6	197.9	182.9	12.8	3.1	3.3	1.5	28.4	12.8	1153.7
<b>900</b>	112.6	270.7	178.7	175.0	207.7	188.2	14.6	3.0	3.7	1.7	27.8	13.0	1196.7
<b>1000</b>	119.9	297.9	186.7	158.4	217.6	193.4	16.4	2.9	4.2	1.9	27.3	13.3	1239.7
<b>1100</b>	127.2	325.1	194.7	141.8	227.4	198.6	18.2	2.7	4.6	2.1	26.7	13.5	1282.7
<b>1200</b>	134.4	352.4	202.8	125.2	237.2	203.9	20.0	2.6	5.0	2.3	26.1	13.8	1325.6
<b>1300</b>	141.7	379.6	210.8	108.6	247.0	209.1	21.8	2.4	5.5	2.5	25.6	14.1	1368.6
<b>1400</b>	149.0	406.9	218.8	92.0	256.8	214.4	23.6	2.3	5.9	2.7	25.0	14.3	1411.6
<b>1500</b>	156.3	434.1	226.8	75.4	266.7	219.6	25.4	2.2	6.3	2.9	24.5	14.6	1454.6
<b>1600</b>	163.1	465.6	236.5	59.1	277.7	226.2	26.7	1.7	6.4	3.1	23.8	14.7	1504.7
<b>1700</b>	180.1	447.5	235.1	60.4	285.0	229.1	42.3	5.1	10.5	3.9	27.6	18.4	1545.0
<b>1800</b>	197.1	429.3	233.7	61.8	292.3	231.9	57.9	8.4	14.7	4.8	31.3	22.1	1585.4
<b>1900</b>	214.0	411.2	232.3	63.2	299.6	234.8	73.5	11.8	18.9	5.7	35.1	25.9	1625.8
<b>2000</b>	231.0	393.0	230.9	64.5	306.8	237.6	89.1	15.2	23.1	6.5	38.8	29.6	1666.2
<b>2100</b>	248.0	374.8	229.5	65.9	314.1	240.5	104.7	18.5	27.2	7.4	42.6	33.3	1706.6
<b>2200</b>	265.0	356.7	228.1	67.2	321.4	243.3	120.3	21.9	31.4	8.2	46.3	37.0	1746.9

Para la distribución de la precipitación se utilizaron los datos reportados por las tres estaciones Concuá: datos históricos; Medio Monte y Don Pedro, dos años hidrológicos:

mes de mayo del 2,003 al mes de abril 2,005. La precipitación promedio por el método de isoyetas es de 1,454 mm/año.

Para cada unidad de muestreo se realizó el cálculo de la precipitación media mensual por el método de isoyetas, los resultados se muestran en el cuadro 31.

Cuadro 31: Precipitación pluvial promedio mensual (mm) de las unidades de muestreo.

<b>Precipitación media mensual (mm)</b>													
<b>UNIDAD</b>	<b>ALTITUD</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>
1	944	190.5	15.4	2.9	3.9	1.8	27.6	13.1	115.8	282.6	182.2	167.6	212.1
2	943	190.4	15.4	2.9	3.9	1.8	27.6	13.1	115.7	282.4	182.2	167.8	212.0
3	985	192.6	16.1	2.9	4.1	1.9	27.3	13.2	118.8	293.8	185.5	160.8	216.1
4	1010	193.9	16.6	2.8	4.2	1.9	27.2	13.3	120.6	300.6	187.5	156.7	218.5
5	1229	205.4	20.5	2.5	5.2	2.3	26.0	13.9	136.5	360.3	205.1	120.3	240.0
6	1018	204.8	20.3	2.6	5.1	2.3	26.0	13.8	135.7	357.3	204.2	122.2	239.0
7	1742	230.3	48.9	6.5	12.3	4.3	29.1	20.0	187.2	439.8	234.5	61.0	288.1
8	1018	194.3	16.7	2.8	4.3	1.9	27.2	13.3	121.2	302.8	188.2	155.4	219.3
9	1801	232.0	58.1	8.5	14.8	4.8	31.3	22.2	197.2	429.1	233.7	61.8	292.4

#### **2.5.4 Cálculo de Isotermas**

Para generar la información de temperatura media se utilizaron las estaciones Don Pedro y Medio Monte y se excluyó la estación Concuá ya que esta no presentaba datos de temperaturas.

Cuadro 32: Datos de la temperatura °C de la estación Don Pedro.

Temperatura max												
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
2003-2004	24.3	21.9	21.7	23.3					20.5	23.6	21.9	24.0
2004-2005	5	7	1	2	25.57	22.74	21.2	20.1	5	6	7	7
Prom	20.9	21.2	20.8	23.7				22.6	25.4	25.2		26.5
	7	3	4	4	23.6	23.61	22.87	8	2	5	26.9	3
	22.6		21.2	23.5	24.58	23.17	22.03	21.3	22.9	24.4	24.4	
Prom	6	21.6	8	3	5	5	5	9	9	6	4	25.3
Temperatura min												
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
2003-2004			12.4	11.8								10.1
2004-2005	13	13.5	2	7	12.3	12.61	11.4	8.23	8.84	8.55	10.3	3
Prom	12.2	11.9	11.2	11.4							10.1	10.8
	6	3	6	2	11.53	11.29	9.93	8.29	6.84	7.61	6	7
	12.6	12.7	11.8	11.6	11.91						10.2	
Prom	3	2	4	5	5	11.95	10.67	8.26	7.84	8.08	3	10.5
Temperatura media												
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
2003.2004	18.6	17.7	17.0		18.93			14.1		16.1	16.1	
2004.2005	8	4	7	17.6	5	17.68	16.3	7	14.7	1	4	17.1
Prom	16.6	16.5	16.0	17.5	17.56			15.4	16.1	16.4	18.5	
	2	8	5	8	5	17.45	16.4	9	3	3	3	18.7
	17.6	17.1	16.5	17.5				14.8	15.4	16.2	17.3	
Prom	5	6	6	9	18.25	17.56	16.35	3	1	7	3	17.9

Cuadro 33: Datos de la temperatura °C de la estación Medio Monte.

Temperatura max												
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
2003.2004	30.32	27.67	26.65	28.29	28.13	26.55	26.53	26.7	27.61	28.97	28.71	29.23
2004.2005	26.6	25.77	23.19	27.48	25.33	24.2	24.7	24.53	18.23	20.64	22.06	27.7
Prom	28.46	26.72	24.92	27.89	26.73	25.38	25.62	25.62	22.92	24.81	25.39	28.47
Temperatura min												
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
2003.2004	16.06	16.37	16	17.84	16.87	17.1	15.97	18.48	17.71	18.59	16.71	22.23
2004.2005	18.07	19.83	16.65	16.32	15.23	13.9	15.9	16.07	14.61	15.64	0.42	18.7
Prom	17.07	18.1	16.33	17.08	16.05	15.5	15.94	17.28	16.16	17.12	8.57	20.47
Temperatura media												
Año	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
2003.2004	23.19	22.02	16	23.07	22.5	21.83	21.25	22.59	22.66	23.78	22.71	25.73
2004.2005	22.34	22.8	16.65	21.9	20.28	19.05	20.3	20.3	16.42	18.14	11.24	23.2
Prom	22.76	22.41	20.625	22.48	21.39	20.44	20.78	21.45	19.54	20.96	16.98	24.47

Los valores de temperatura media son el promedio de la temperatura máxima y la mínima de cada estación. Con los datos de las dos estaciones (cuadro 33 y 32) se establece la variación de la temperatura a diferentes altitudes, en el caso de la microcuenca utilizando la temperatura media de diferencia de temperatura es de 0.92 °C / 100 m de altitud, este cambio de temperatura se reduce a medida que aumenta la altura.

Cuadro 34: Datos de la temperatura media (°C) de acuerdo al cálculo de Isotermas.

<b>ALTURA</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>
<b>800</b>	31.0	30.9	27.0	30.3	26.5	25.1	27.9	32.1	26.2	28.5	16.5	35.0
<b>900</b>	30.0	29.9	26.2	29.4	25.9	24.5	27.0	30.8	25.4	27.6	16.6	33.7
<b>1000</b>	29.0	28.8	25.4	28.4	25.3	24.0	26.2	29.5	24.6	26.6	16.7	32.4
<b>1100</b>	28.0	27.8	24.6	27.4	24.6	23.4	25.3	28.1	23.7	25.7	16.7	31.1
<b>1200</b>	26.9	26.7	23.7	26.5	24.0	22.8	24.4	26.8	22.9	24.8	16.8	29.8
<b>1300</b>	25.9	25.7	22.9	25.5	23.4	22.2	23.5	25.5	22.1	23.8	16.9	28.5
<b>1400</b>	24.9	24.6	22.1	24.5	22.7	21.7	22.6	24.2	21.3	22.9	16.9	27.2
<b>1500</b>	23.9	23.6	21.3	23.5	22.1	21.1	21.8	22.9	20.5	22.0	17.0	25.9
<b>1600</b>	22.9	22.5	20.5	22.6	21.5	20.5	20.9	21.5	19.6	21.1	17.1	24.6
<b>1700</b>	21.8	21.5	21.3	21.6	20.9	20.0	20.0	20.2	18.8	20.1	17.1	23.3
<b>1800</b>	20.8	20.4	22.1	20.6	20.2	19.4	19.1	18.9	18.0	19.2	17.2	21.9
<b>1900</b>	19.8	19.4	22.9	19.7	19.6	18.8	18.2	17.6	17.2	18.3	17.3	20.6
<b>2000</b>	18.8	18.3	23.7	18.7	19.0	18.3	17.4	16.3	16.4	17.3	17.4	19.3
<b>2100</b>	17.8	17.3	24.6	17.7	18.3	17.7	16.5	14.9	15.5	16.4	17.4	18.0
<b>2200</b>	16.7	16.2	25.4	16.8	17.7	17.1	15.6	13.6	14.7	15.5	17.5	16.7

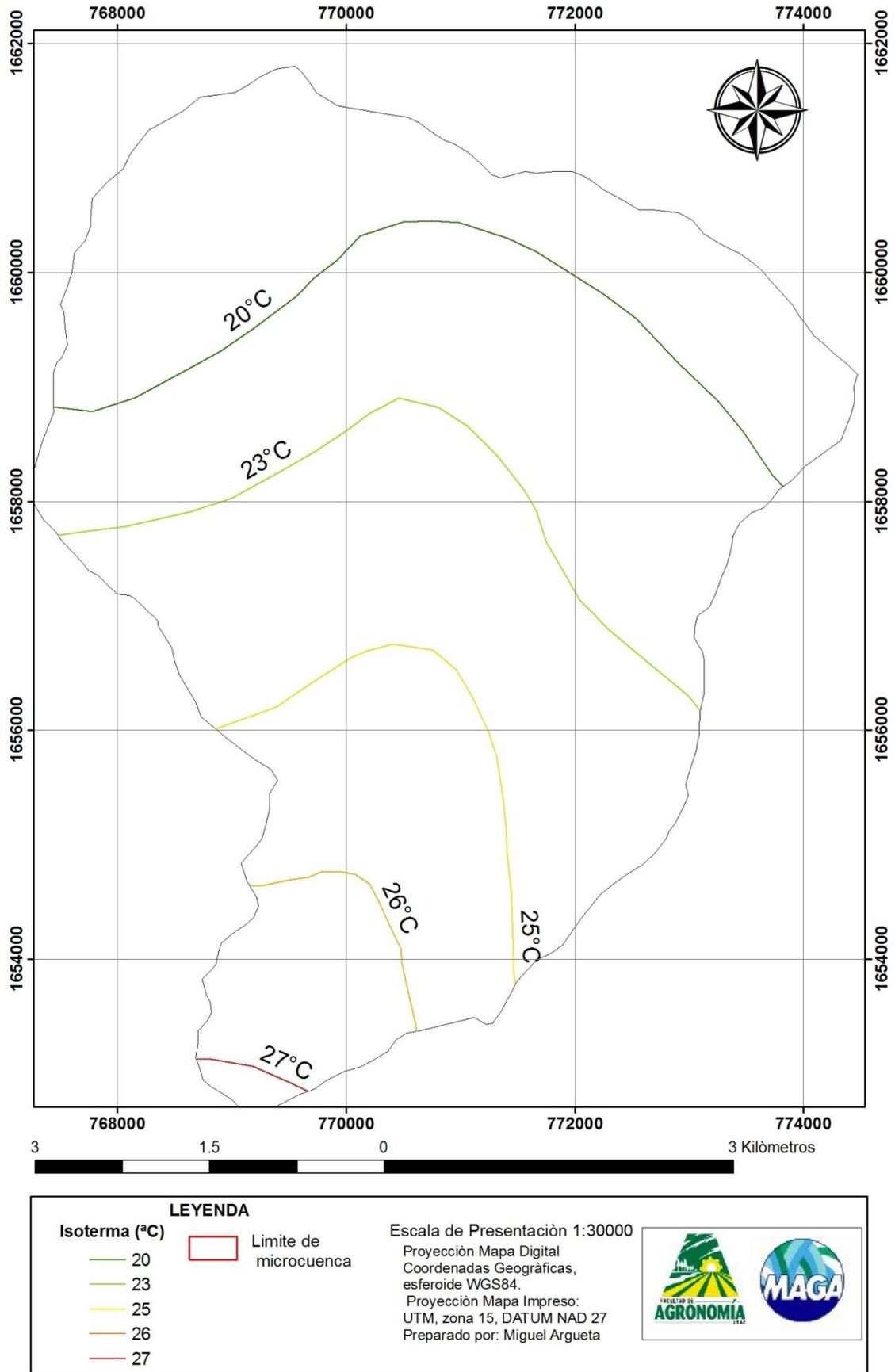


Figura 11 : Mapa de de Isothermas, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Con la Información generada a partir del cuadro 34, se generó los datos de temperatura que corresponden a cada unidad de muestreo de acuerdo a la ubicación y a la altitud, además se utilizó para calcular los datos de evapotranspiración potencial posteriormente estos valores se utilizaron en el balance hídrico para calcular evapotranspiración real.

### **2.5.5 Calculo de la infiltración básica**

Las pruebas de infiltración se realizaron en las unidades de muestreo delimitadas para la microcuenca Río el Chol, es importante mencionar que los datos se tomaron en la primera semana de febrero 2010, por lo cual el suelo no se encontraba saturado. En total se realizaron 9 pruebas de infiltración. Los resultados de las pruebas de infiltración se presentan en el cuadro 35.

Para de determinación de la infiltración básica se graficaron los valores de infiltración mm/día con tiempo acumulado para cada una de las pruebas, como muestra el anexo 2, las gráficas muestran los puntos sin ningún tipo de tendencia en la mayoría de los casos, para la obtención de la infiltración para cada punto se agrego una línea de tendencia logarítmica y en donde terminaba a, el par x, y más cercano fue el que se asignó como la infiltración básica.

Cuadro 35: Valores de Infiltración básica para la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A para el año 2010.

Unidad de Mapeo	Pruebas de Infiltración	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Infiltración Básica (mm/ día)
		X	Y		
Chol-Cultivos	2	770545	1655505	1229	389.2
		770546	1655530	1570	2274.1
Chol-Pastos	1	771332	1657524	1018	198.6
Chol-Bosque Mixto	1	770309	1653451	1010	676.1
Acasaguatlan-Cultivos	1	769110	1655773	943	2034.4
Acasaguatlan-Pastos	1	768999	1653009	985	968
Acasaguatlan-Bosque Mixto	1	769116	1653405	944	2671.8
Marajuma-Cultivos	1	772269	1660101	1018	1462.7
Marajuma-Pastos	1	776975	1666010	1801	758.6
Marajuma-Bosque Mixto	1	770309	1653451	1010	2022.1

Los rangos de las pruebas de infiltración van de 198 mm/día que corresponde a la unidad de muestreo Chol-pastos a 2671.8 mm/día que corresponde a Acasaguastlan-bosque mixto, se puede observar que existe una gran diferencia entre los rangos de infiltración, es importante destacar que en las unidades de muestreo que presentan uso de suelo pasto, son zonas en donde existe pastoreo, es por esto que se observan datos de infiltración bajos en comparación a las unidades que tienen otro tipo de uso de suelo.

### 2.5.6 Densidad aparente, textura y constantes de humedad.

Las características físicas del suelo son de gran importancia para la recarga hídrica, ya que de estas depende el nivel de infiltración, las estructuras arcillosas tienden a ser más permeables por lo que la tasa de infiltración se reduce en comparación a las arenosas.

Para cada unidad de muestreo (figura 8) se determino la textura, constantes de humedad y a densidad aparente, según los resultados se puede observar que la mayoría de las unidades presenta texturas franco-arenoso a excepción de la unidad marajuma-bosque

que presenta la clase textural Franco arcillo arenoso; y la unidad marajuma-cultivos que presenta una textura franca, la densidad aparente oscila entre 1.25 y 0.85 gr/cc.

Cuadro 36: Análisis físico de suelos de las unidades de muestreo de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Unidad De Muestreo	% M.O.	gr/cc Da	% HUMEDAD		%			Clase textural
			1/3 pmp	15 cc	arcilla	limo	arena	
<b>Acasaguastlan-Pastos</b>	1.12	1.1429	12.28	5.36	15.79	19.49	64.72	<b>Franco arenoso</b>
<b>Acasaguastlan-Bosque Mixto</b>	4.94	1.1111	18.90	8.05	13.69	19.49	66.82	<b>Franco arenoso</b>
<b>Acasaguastlan-Cultivos</b>	3.88	1.0811	19.08	9.34	17.89	19.49	62.62	<b>Franco arenoso</b>
<b>Chol-Bosque Mixto</b>	7.91	0.8511	28.76	14.24	15.79	24.07	60.14	<b>Franco arenoso</b>
<b>Chol-Cultivos</b>	4.61	1.1765	17.19	9.90	19.99	19.87	60.14	<b>Franco arenoso</b>
<b>Chol-Pasto</b>	3.41	1.0526	16.64	8.43	17.89	15.67	66.44	<b>Franco arenoso</b>
<b>Marajuma-Bosque</b>	5.60	1.0000	24.70	14.04	24.19	17.77	58.04	<b>Franco arcillo arenoso</b>
<b>Marajuma-Cultivos</b>	3.41	1.0811	22.24	10.87	19.49	32.47	47.54	<b>Franco</b>
<b>Marajuma-Pastos</b>	1.06	1.2500	22.62	10.76	13.69	26.17	60.14	<b>Franco arenoso</b>

### 2.5.7 Aforo de manantiales y aforos diferenciales

Los manantiales son la principal fuente de agua para el consumo que utilizan las comunidades de la microcuenca del Río el Chol, además de la población del casco municipal, estos fueron aforados en la época de estiaje según el método volumétrico.

Cuadro 37: Aforos de manantiales ubicados en comunidades de la parte alta de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Lugar	Coordenadas		Aforo
	N	W	Caudal (L/s)
Tanque de Distribución Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'36'	90° 29'29'	0.56
Vertiente para mini riego Nacimiento La montaña, Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'39'	90° 29'28'	0.6
Vertiente para mini riego Nacimiento La Iglesia, Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'46'	90° 29'36'	0.59
Nacimiento Portezuela, Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'42'	90° 29'11'	0.74
Nacimiento el Aguacate, Rancho Viejo, Aldea Pacoc Abastece a Aldea Amatillo	15° 00'38'	90° 29'07'	0.56
Nacimiento La Quebrada, Rancho Viejo, Aldea Pacoc Nacimiento El Pito, Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'41'	90° 29'06'	0.72
Nacimiento El Pito, Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'43'	90° 29'01'	0.86
Nacimiento La Cumbre, Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'39'	90° 28'57'	0.6
Nacimiento el Oratorio, Rancho Viejo, Aldea Pacoc	15° 00'36'	90° 28'56'	0.8
Vertiente de abastecimiento El Sauce 1, Aldea Pacoc Caserío El Amatillo	15° 00'04'	90° 28'45'	0.71
Vertiente de Abastecimiento el Sauce 2, ubicado en Aldea Pacoc , Abastece a El Amatillo	15° 00'18'	90° 28'39'	0.88
Nacimiento de distribución Maicenas, ubicado en Aldea Pacoc, Abastece a Aldea Los Amates	15° 00'25'	90° 29'07'	0.47
Nacimiento La Posona Ubicado en Aldea Pacoc, abastece a Aldea el Peñasco	15° 00'00'	90° 30,02'	0.54
Nacimiento El Chacun, Aldea Apazote	14° 59'53'	90° 27'55'	0.18
Nacimiento las Charcas. Aldea Apazote	14° 59'51'	90° 28'01'	0.21
Nacimiento El Rosal, Aldea El Apazote	14° 59'52'	90° 28'02'	0.2
Nacimiento Anona, Aldea El Apazote	14° 59'56'	90° 27'59'	0.26

Nacimiento los Cipreses, Aldea Apazote	15° 00'07'	90° 27'59'	0.15
Nacimiento El Sauce, Aldea El Apazote	15° 09'14'	90° 28'01'	0.14
Nacimiento El Malangal, Aldea Apazote	15° 00'21'	90° 28'11'	0.77
Nacimiento El Encierrro, Aldea El Apazote	15° 00'17'	90° 28'01'	0.39
Nacimiento El Cartucho, Aldea Apazote	15° 00'10'	90° 27'44'	0.14
Nacimiento el Aguacate, Aldea El Apazote	14° 59'59'	90° 27'39'	0.16
Nacimiento La Azucena, Aldea El Apazote	14° 59,59'	90° 27'30'	0.15
Nacimiento El Tabacón, Aldea El Apazote	14° 59'59'	90° 27'22'	0.11
Nacimiento el Vijagual, Aldea El Apazote	14° 59'55'	90° 27'17'	0.14
Nacimiento Tasixcal, Aldea El Apazote	14° 59'41'	90° 27'41'	0.19
<b>Total</b>			<b>11.82</b>

La información del caudal de los manantiales se obtuvo mediante el apoyo de una consultoría realizada por la FAO, en la cual se determina el caudal de los nacimientos pertenecientes a la microcuenca río la Virgen, que corresponde a la parte alta de la microcuenca Río el Chol, el dato resultante del aforo de los manantiales fue de 11.83 l/seg, teniendo un rango de 0.11 a 0.88 l/seg (Anexo 3).

Además se realizó el aforo del Río El Chol a lo largo del cauce principal y sus afluentes en varios puntos en la época seca (figura 6), utilizando el método de sección velocidad, esto para determinar el comportamiento del río si este es efluente o influente los resultado de los aforos se presentan en el cuadro 38.

Cuadro 38: Caudales resultantes del aforo diferencial ( $m^3$ ) del río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Coordenadas		Altitud d msn m	Ubicación	caudal estiaje $m^3$ /seg	Caudal l/seg	Caudal $m^3$ /día	Comportamiento
X	y						
769128	1652653	836	Punto de aforo	0.086	86.48	7471.71	Influente
769959	1654183	936	Quebrada el Tabloncito II	0.244	244.48	21123.38	Efluente
771762	1657761	1272	Quebrada el Astillero	0.003	3.19	276.04	Efluente
770400	1656641	1052	Quebrada Peñasco	0.153	152.95	13214.78	Efluente
770780	1656981	1068	Quebrada Peñasco II	0.036	35.54	3071.08	Efluente
770950	1657509	1099	Río la virgen	0.042	41.86	3616.82	Efluente
770824	1658710	1207	Parte alta	0.067	67.09	5796.35	Influente

En los resultados descritos en el cuadro 38 se evidencia que el río presenta un comportamiento influente en la parte baja y alta de la microcuenca, esto quiere decir que el río alimenta mantos freáticos, ya que pierde caudal a lo largo del recorrido; caso contrario ocurre en la parte media de la microcuenca, ya que el caudal aumenta según los aportes de las Quebradas existentes que son impermeables.

### 2.5.8 Cálculo de recarga hídrica natural

Para la estimación de la recarga hídrica se utilizó la hoja de cálculo propuesta por la metodología de Chosinky & Lossilla (2003), donde en base a la Pp y ETP las constantes de humedad y la infiltración básica, se determina la evapotranspiración real, además de la retención de humedad por efecto de la vegetación y el escurrimiento, los valores por cada unidad de mapeo se presentan en el cuadro 39.

Cuadro 39: Cálculos del balance hídrico de suelos por unidad de mapeo.

SERIE	Unidad de Mapeo	Pp mm/año	Recarga Hídrica mm/año	ETR mm/año	Esc mm/año	Ret mm/año
Marajuma	Bosque mixto	1215.6	511.54	450.12	0	254.34
	Cultivo	1215.2	591.55	461.92	0	161.7
	Pastos	1233.2	602.33	467.91	0	163.97
Chol	Bosque mixto	1244.0	499	484.63	0	260
	Cultivos	1338.1	692.96	432.68	35.44	171.01
	Pastos	1333.4	617.18	422.2	117.47	176.46
Acasaguastlan	Bosque mixto	1562.0	745.95	495.24	0	323
	Cultivos	1247.4	648.24	433.41	0	165.76
	Pastos	1585.8	905.99	474.52	0	205.32

Según el cuadro 39 los valores de recarga hídrica de 499 a 905.99 mm/año mostrando la parte alta y baja de la microcuenca los mayores valores de infiltración. En el caso de la Evapotranspiración real, se observa que los valores no varían mucho ya que se presentan datos que van de 495.24 a 422.2 mm/año, por lo que existe déficit en la mayoría de meses del año hidrológico

Para los valores de escurrimiento, solo las unidades de mapeo cultivos y pastos pertenecientes a la serie de suelos Chol muestran valores, esto se debe a la baja tasa de infiltración de la zona, para el resto de unidades de mapeo no existe escurrimiento y esto se debe a las texturas Francas-arenosas del suelo.

### 2.5.9 Determinación de las zonas de mayor recarga hídrica natural de la microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz Guatemala, C.A.

Para el cálculo del volumen se utilizó el área de la microcuenca Río El Chol en metros cuadrados y los valores de precipitación, recarga hídrica, ETR, escurrimiento, y retención por efecto de la cobertura en metros, la multiplicación resultante resulto en los datos en m<sup>3</sup> para cada unidad

Cuadro 40: Volúmenes totales en m<sup>3</sup>/año del balance hídrico en base a la extensión de cada unidad de mapeo.

SERIE	Unidad	Área m <sup>2</sup>	Pp m <sup>3</sup> /año	Recarga Hídrica m/año	ETR m <sup>3</sup>	Esc m <sup>3</sup>	Ret m <sup>3</sup>
Marajuma	Bosque mixto	11,222,582	13,642,211.94	5,740,799.60	5,051,508.61	0.00	2,854,351.51
	Cultivos anuales	1,441,730	1,751,952.63	852,855.38	665,963.92	0.00	233,127.74
	Pastos	5,941,179	7,326,813.30	3,578,550.35	2,779,937.07	0.00	974,175.12
Chol	Bosque mixto	9,257,972	11,516,643.84	4,619,728.03	4,486,690.97	0.00	2,407,072.72
	cultivos Anuales	2,830,261	3,787,162.84	1,961,257.66	1,224,597.33	100,304.45	484,002.93
	Pastos	7,922,526	10,563,649.59	4,889,624.60	3,344,890.48	930,659.13	1,398,008.94
Acasaguastlan	Bosque mixto	90,663	141,616.11	67,630.06	44,899.94	0.00	29,284.15
	Cultivos Anuales	238,085	296,989.34	154,336.22	103,188.42	0.00	39,464.97
	Pastos	650,912	1,032,235.61	589,719.76	308,870.76	0.00	133,645.25
<b>Totales</b>		<b>39,595,910.00</b>	<b>50,059,275.19</b>	<b>22,454,501.66</b>	<b>18,010,547.50</b>	<b>1,030,963.58</b>	<b>8,553,133.33</b>
Porcentaje			100%	44.86%	35.98%	2.06%	17.09%

La recarga hídrica anual en la microcuenca es de 22 millones de metros cúbicos que representa un 44% del total de la precipitación, por lo que las pérdidas en el sistema por efecto del evapotranspiración, escurrimiento y la retención representan el 66 % restante, siendo la primera la que mayor volumen representa siendo un 36% de la precipitación.

Para el caso de las unidades de muestreo que presenta el uso de suelos bosques mixtos, que representa un 53% del área total, es el que mayor de los valores de retención, aunque varía según la serie de suelos, a excepción de la unidad de mapeo que posee la serie de suelos Acasaguastlan que los pastos presentan mayor retención, esto se debe a que las zonas que poseen pastos no presentan fuertes pendientes en comparación con los remanentes de bosques que quedan en la parte baja de la microcuenca.

En el caso de la escorrentía, se puede observar que solo la unidad de mapeo que la presenta es la serie de suelos Chol en el área de cultivos y pastos, representando un 25% de la microcuenca Río el Chol, esto se debe a la estructura del suelo altamente permeable.

### 2.5.10 Balance hídrico de suelos

Para la determinación del balance hídrico de suelos se tomo como entrada la precipitación anual para la microcuenca Río El Chol por lo que se utilizó la lámina de precipitación por el área, lo que resulto en volumen anual que capta el área de estudio; para la salidas se utilizó el dato de evapotranspiración anual, escorrentía superficial, la retención vegetal y la recarga potencial, estos valores se obtuvieron por medio de la hoja de cálculo de la metodología de Shosinsky & Lossilla (anexo 4), los resultados se presentan en el cuadro 41.

Cuadro 41: Balance hídrico de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A

Entrada		Salidas		Porcentaje
Factor	m <sup>3</sup> /año	Factor	m <sup>3</sup> /año	%
Precipitación Pluvial	50,059,275.19	Evapotranspiración Real	18,010,547.50	36%
		Escorrentía Superficial	1,030,963.58	2%
		Retención Vegetal	8,553,133.33	17%
		Recarga potencial	22,454,501.66	45%
<b>Sumatoria</b>	<b>50,059,275.19</b>	<b>Sumatoria</b>	<b>50,049,146.07</b>	<b>100.00%</b>

Potencialmente el 73% de la recarga hídrica natural ocurre en la parte alta de la microcuenca, equivale a un volumen aproximado de 22 millones de metros cúbicos anuales, principalmente abarca al área del cerro Tunckaj que corresponde a la parte alta y media de la microcuenca. El resto de la recarga que equivale a un volumen de 8 millones de metros cúbicos anuales ocurre en la parte baja y media de la microcuenca. La importancia de esta área radica en que en ella se localizan la mayoría de las captaciones (anexo 3) de los proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano y riego, de las comunidades que se localizan dentro de la microcuenca. La escorrentía superficial es de un millón de metros cúbicos al año que se produce en la parte media de la microcuenca que cuenta con suelos poco permeables. En cuanto al sistema de drenaje de la microcuenca corresponde al 1% del total de las salidas el caudal medido en el punto de aforo a finales de la época lluviosa es de 7,471.71 m<sup>3</sup>/día.

La evapotranspiración es el factor de salida que ocasiona el 36% de pérdidas del volumen de precipitación pluvial en la microcuenca Río el Chol, principalmente, en aquellas unidades cubiertas con bosques, en donde se estiman coeficientes altos. Sin embargo, es

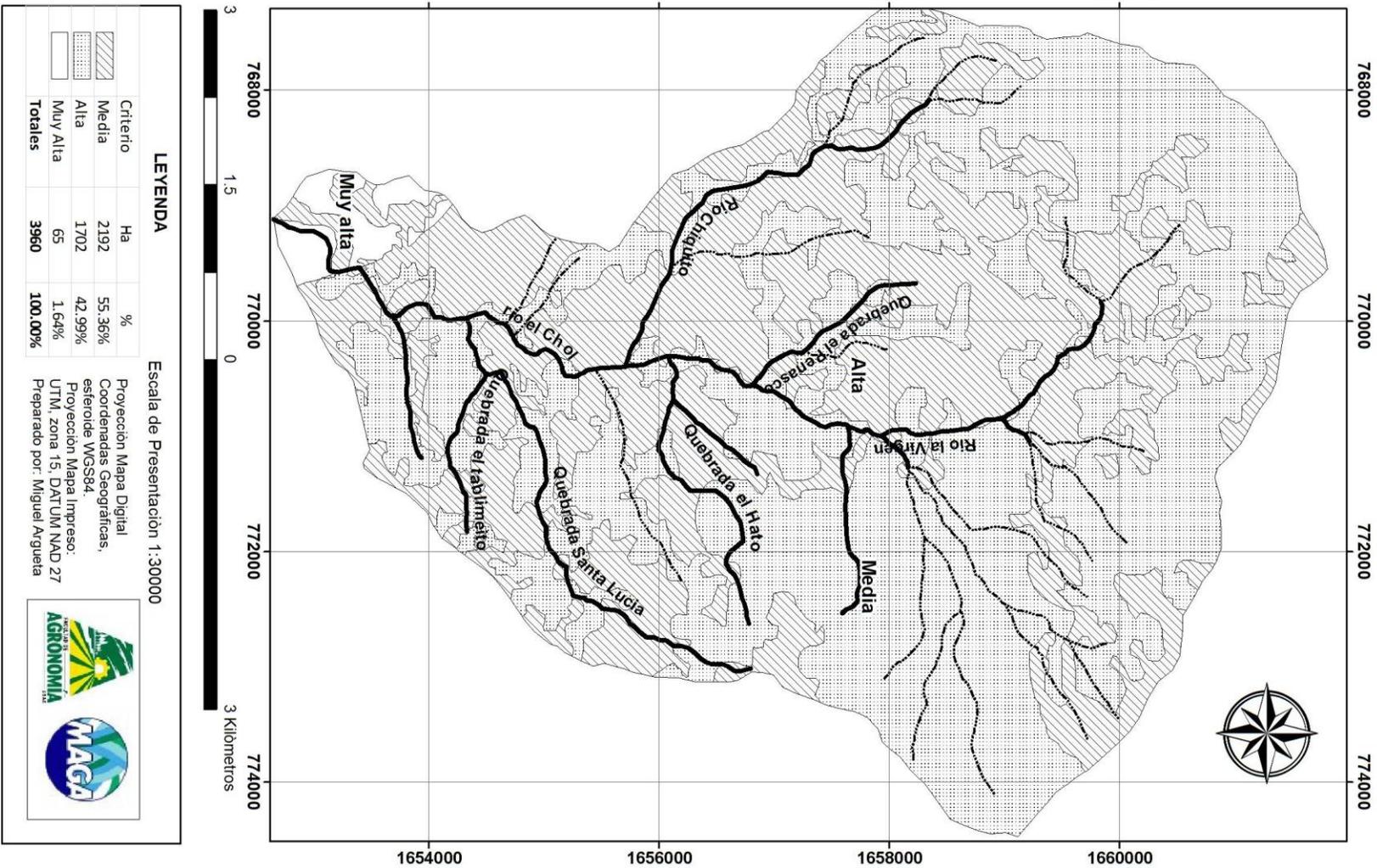


FIGURA 12. MAPA DE CLASIFICACION DE LA RECARGA HIDRICA NATURAL LA MICROCUENCA RIO EL CHOL, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA C.A

importante mencionar, que en estas áreas la escorrentía superficial es mínima, siendo en algunos casos de 0 m<sup>3</sup>/año, como en la parte alta y baja de la microcuenca Río El Chol con valores relativamente altos de permeabilidad.

En el cuadro 41 se puede observar que existe diferencia entre las entradas y salidas, este error es del 0.02% y se presenta debido a que estos cálculos son estimaciones que se asemejan a la realidad, por lo tanto se considera aceptable el error.

### **2.5.11 Mapa de recarga hídrica de la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

Para elaborar el mapa de zonas de recarga se realizó una clasificación de zonas según el potencial de recarga, se utilizó el criterio propuesto por Herrera (2002) en donde se determina las zonas de mayor recarga por medio de la cantidad de agua en milímetros que recarga el acuífero; después de esto se realizó el mapa por medio de el software Software de GIS que se muestra en la figura 11, los criterios para elaborar del mapa se describen en el cuadro 42.

Cuadro 42: Rangos de infiltración según criterio propuesto por Herrera 2002, para la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A

<b>SERIE</b>	<b>USO</b>	<b>Área m<sup>2</sup></b>	<b>Recarga Hídrica mm/año</b>	<b>Rango</b>
<b>Marajuma</b>	Bosque mixto	11,222,582	511.54	Media
	Cultivos	1,441,730	591.55	Media
	Pastos	5,941,179	602.33	Alta
<b>Chol</b>	Bosque mixto	9,257,972	499	Media
	Cultivos	2,830,261	692.96	Alta
	Pastos	7,922,526	617.18	Alta
<b>Acasaguastlan</b>	Bosque mixto	90,663	745.95	Alta
	Cultivos	238,085	648.24	Alta
	Pastos	650,912	905.99	Muy alta

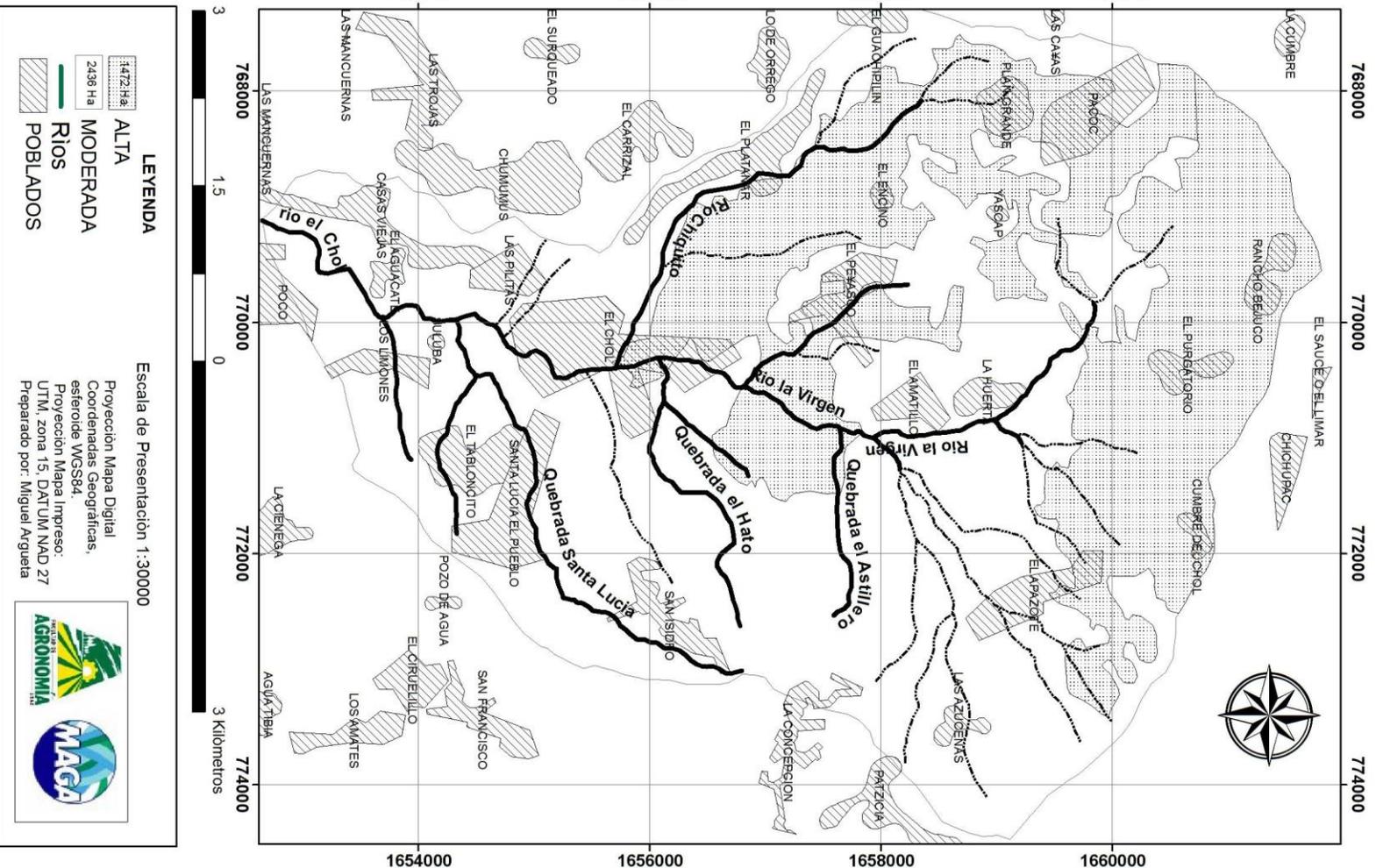


FIGURA 13. MAPA DE CLASIFICACION DE AREAS CRITICAS DE RECARGA DE LA MICROCUENCA RIO EL CHOL, BAJA VERAPAZ GUATEMALA C.A

Para la microcuenca Río El Chol la mayor recarga hídrica natural se presenta en la parte alta y media de la misma, presentando valores de recarga en milímetros de 600 a 900 mm/año siendo una recarga alta según el criterio propuesto por Herrera 2002, esta corresponde también a los límites del Cerro Tunkaj; el resto de la microcuenca presenta un criterio de recarga media y presenta valores entre los 400 a 500 milímetros de recarga natural anuales.

#### **2.5.12 Elaboración de mapa de áreas críticas de recarga hídrica**

El segundo resultado de la investigación es conocer la susceptibilidad de las áreas de recarga hídrica, este análisis se desarrollo, a partir de matrices: Geología, valores de infiltración básica cm/hora recarga hídrica mm/año y por último valores de pendientes.

En el caso de la geología se utilizó el valor 0, para todas las unidades de muestreo por ser un área con materiales metamórficos, para infiltración básica la mayoría de los rangos utilizados fue 1, puesto que los valores de infiltración oscilan entre 0.15 y 1.5; en cuanto al criterio de recarga natural se utilizaron para todas las unidades de muestreo el código 4 puesto que todos los valores de recarga anual son mayores a 200 mm/año.

Para generar el mapa se realizó la suma de criterios y el resultado obtenido se ilustra en la figura 12, en donde se demuestra que 1472 hectáreas de la microcuenca Río El Chol tienen alta susceptibilidad de degradación, esto se debe a las fuertes pendientes de que son mayores a 55%; y 2436 hectáreas que se ubica en la parte baja y media y presenta una degradación moderada, ya que son zonas de bosques mixtos o pastos y cuentan con pendientes menores a 36% por lo que la susceptibilidad a degradación es menor en comparación con la parte alta de la microcuenca Río el Chol.

## 2.6 CONCLUSIONES

Mediante el balance hídrico realizado para la microcuenca Río el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A se determinó que la recarga hídrica natural es de 22,454,501.66 m<sup>3</sup>/año que presenta un 44% de la precipitación pluvial del año hidrológico, estos niveles de recarga se deben a la textura franco arcillosa del suelo. Del total infiltrado existe una parte que se pierde y el factor que presenta mayores pérdidas es la evapotranspiración con un volumen de 18,010,547.50 m<sup>3</sup>/año que representa un 36.6% de las salidas del sistema, esta pérdida se debe que gran parte del área de la microcuenca Río El Chol presenta una cobertura de bosques naturales de asociaciones pino encino, estos bosques tienen altas tasas de traspiración.

Los valores de recarga muy alta se encuentran ubicadas en la parte media y baja de la microcuenca Río El Chol el volumen que aporta al sistema de 17,486,795.9 m<sup>3</sup>/año que representa un 54% del total captado, las zonas de la parte media y alta presentan un volumen de captación de 14,790,352 m<sup>3</sup>/año que representa un 46% de la recarga hídrica natural de la microcuenca Río El Chol.

El volumen de escorrentía superficial presenta la menor salida del sistema que corresponde a 1,030,963.58 m<sup>3</sup>/año, esto es lógico debido a la alta recarga potencial que existe en la microcuenca Río el Chol, en cuanto a la retención por efecto de la vegetación presenta un volumen de 8,553,133.33 m<sup>3</sup>/año que corresponde a un 17% de las salidas del sistema.

Se determino que la microcuenca Río El Chol presenta una susceptibilidad a degradación alta en 1,472 hectáreas que corresponden a la parte alta donde se encuentran los centros poblados: el Peñazco, La Cumbre del Chol, Pacop, Plan Grande, Rancho Bejuco, 2436 hectáreas de degradación moderada que se encuentran en la parte media y baja de la microcuenca Río El Chol.

La información generada es una primera aproximación de la delimitación de las zonas de captación y regulación hidrológica, por lo que es una útil herramienta de planificación

municipal, ya que se pueden priorizar las áreas críticas susceptibles a la degradación que se encuentran en la categoría “alta” y “muy alta” para la realización de planes de manejo forestal, implementación del bosques pertenecientes a minifundistas al programa de Pinfor y Pimpet, perímetros de protección en nacimientos de agua.

## **2.7 RECOMENDACIONES**

Utilizar el documento como base de elaboración de planes de reforestación y de protección de zonas de captación hidrológica.

Establecer estaciones climáticas en la zona del corredor seco que generen series de datos más consistentes para realizar futuras investigaciones ya que la determinación de zonas de recarga hídrica es una herramienta de planificación muy útil.

Realizar para el área del corredor seco estudio de geología y de clasificación de suelos, ya que para la zona solo existen estudios a escala 1:250,000, para dar soporte a estudios posteriores que se realicen en la microcuenca Río El Chol.

Establecer áreas de protección de manantiales de 50 metros alrededor de los mismos, principalmente las de consumo humano. Ya que la mayoría de las fuentes de agua de la microcuenca Río El Chol no cuentan con protecciones adecuadas y corren riesgo de contaminación.

Llevar a cabo muestreos de agua en las fuentes para consumo humano, para determinar la calidad físico química y bacteriológica.

Implementar un programa municipal de información y concientización sobre el manejo racional de los recursos naturales, enfocado principalmente al manejo de agua.

Implementar programas de capacitación sobre buenas prácticas de agrícolas y forestales.

## 2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 2 v, 2350 p.
2. Escobar, G. 2003. Manual de geología para ingenieros (en línea). Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Consultado 13 dic 2009. Disponible en [http://www.geocities.com/manualgeo\\_00/](http://www.geocities.com/manualgeo_00/)
3. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 233 p.
4. Herrera Ibáñez, IR. 2002. Hidrogeología práctica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / Red Centroamericana de Manejo de Recursos Hídricos. 190 p.
5. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2003. Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural: manual técnico. Guatemala. 106 p.
6. \_\_\_\_\_. 2005. Identificación de las tierras forestales de captación y regulación hidrológica, la subcuenca Los Vados, cuenca río Los Esclavos. Guatemala. 69 p.
7. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003 Cifras definitivas del XI censo de población y VI de habitación. Guatemala. 38 p.
8. \_\_\_\_\_. 2004. IV censo nacional agropecuario. Guatemala. 3 CD.
9. Linsley, A. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, McGraw-Hill. 386 p.
10. \_\_\_\_\_ MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
11. Matus, S. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 288 p.
12. Nufio Reyes, HA. 1997. Diagnóstico de los recursos naturales renovables y sistemas de cultivos predominantes en el municipio de Santa Cruz el Chol, departamento de Baja Verapaz. EPSA Diagnóstico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 64 p.
13. Rueda De León, OA. 2007. Trabajo de graduación realizado sobre el desarrollo local del municipio de Santa Cruz el Chol. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 109 p.

14. Simmons, C; Tárano, J; Pinto, J. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
15. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riegos y drenaje. Guatemala, USAC. Facultad de Agronomía. 345 p.
16. Shosisnky, G; Losilla, M. 2003. Balance hídrico: primer curso de hidrología con énfasis en balance hídrico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 62–120.

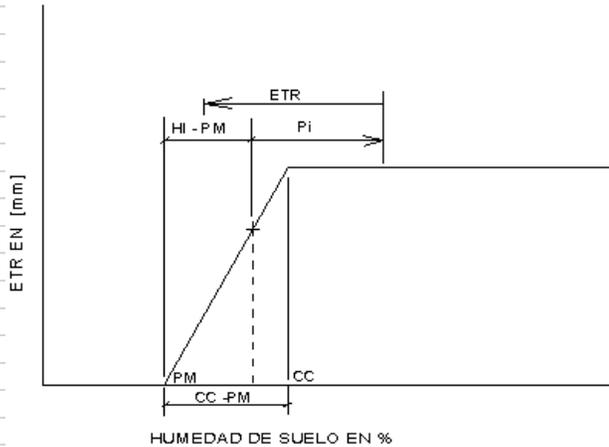


Vo. Bo. Rolando Barrios.

## 2.9 ANEXOS

### 2.9.1 Anexo 1: Balance hídrico Gunter Schosisnky

COEFICIENTES DE INFILTRACION PROPUESTOS		$C1 = (HI-PM+PE) / (CC-PM)$ = Coeficiente antes de que ocurra ETR $C2 = (HI-PM+Pe-ETR) / (CC-PM)$ = Coeficiente despues que ocurre ETR Si $C1 > 1$ $C1 = 1$ ; Si $C1 < 0$ $C1 = 0$ Si $C2 > 1$ $C2 = 1$ ; Si $C2 < 0$ $C2 = 0$
<i>Por textura de suelo</i>	Kfc	
Arcilla compacta impermeable	0.1	
Combinación de limo y arcilla	0.2	
Suelo Limo arenoso no muy compacto	0.4	
<i>Por pendiente</i>	Kp	
Muy plana 0.02%-0.06%	0.3	
Plana 0.3%-0.4%	0.2	
Algo plana 1%-2%	0.15	
Promedio 2%-7%	0.1	
Fuerte mayor de 7%	0.06	
<i>Por cobertura vegetal</i>	Kv	
Cobertura con zacate menos 50%	0.09	
Terrenos cultivados	0.1	
Cobertura con pastizal	0.18	
Bosques	0.2	
Cobertura con zacate más de 75%	0.21	



La ecuación de  $K_{fc} = 0.267 \cdot \ln(f_c) - 0.000154 \cdot (f_c) - 0.723$  tiene un rango de funcionamiento  $16 \leq f_c \leq 1568$ . Para un valor de 16  $K_{fc} = 0.0148$ , valores menores son negativos, por lo que para valores de  $f_c$ , menores de 16,  $K_{fc} = 0.0148 \cdot f_c / 16$ . Para valores de  $f_c > 1568$ , los valores de  $K_{fc}$  serán inicialmente mayores que uno; luego,  $K_{fc}$  comienza a ser menor de uno, a partir de  $K_{fc} > 1910$ , lo que no es posible. Por lo tanto, para valores de  $f_c$  mayores de 1568,  $K_{fc} = 1$

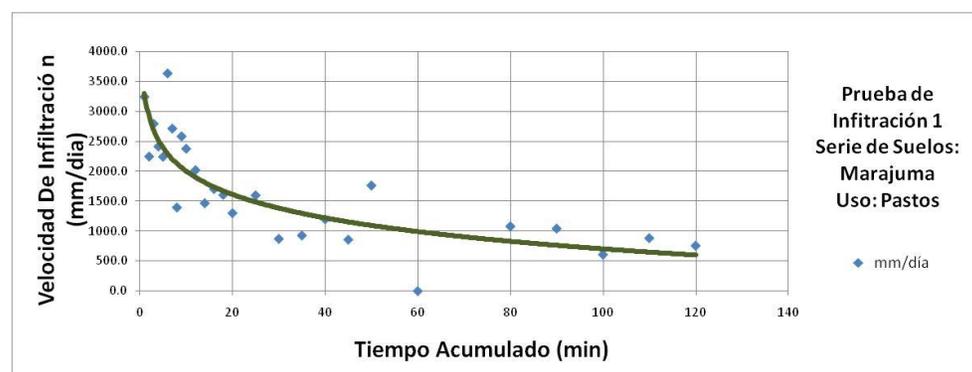
% de peso de suelo seco	PMP	CC	Densidad aparente (g/cm3)	PMP= Punto de marchitez permanente
TEXTURA DEL SUELO	%	%		CC= Capacidad de campo
Arenoso	2-6	6-12	1.55-1.80	
Franco-arenoso	4-8	10-18	1.40-1.60	
Franco	8-12	18-26	1.35-1.50	
Franco- arcilloso	11-15	23-31	1.30-1.40	
Arcillo-arenoso	13-17	27-31	1.25-1.35	
Arcilloso	15-19	31-39	1.20-1.30	
(Israelsen y Hasen, 1979)				
PROFUNDIDAD DE RAICES	m		RETENCION DE LLUVIA	
Alfalfa (pastos)	1-2		%(anual o mensual)	
Algodón	1-1.7		General	12
Banano	0.5-0.8		Bosques densos	20
Caña Azucar	1.20-2			
Frijol	0.5-0.7			
Cebolla	0.3-0.5			
Cítricos	1.20-2.0			
Bosques	2.0-3.0			

## 2.9.2 Anexo 2 pruebas de infiltración

### a. Prueba de infiltración 1

**Cuadro 43 A: Prueba de infiltración 1, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		1					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Pastos Marajuma		X	Y				
Radio	10	769755	1660110				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
0	0	29	29	cm/min	cm/h	mm/día	m/día
1	1.5	29	27.5	0.22560218	13.5361306	3248.67134	3.24867134
2	2.5	29	26.5	0.15626272	9.37576305	2250.18313	2.25018313
3	3.7	29	25.3	0.19419917	11.65195	2796.468	2.796468
4	4.7	29	24.3	0.16780098	10.0680589	2416.33415	2.41633415
5	5.6	29	23.4	0.15599185	9.35951126	2246.2827	2.2462827
6	7	29	22	0.2527614	15.1656837	3639.7641	3.6397641
7	8	29	21	0.18870164	11.3220984	2717.30361	2.71730361
8	8.5	29	20.5	0.09709043	5.82542576	1398.10218	1.39810218
9	9.4	29	19.6	0.17966005	10.7796028	2587.10466	2.58710466
10	10.2	29	18.8	0.16530431	9.91825868	2380.38208	2.38038208
12	11.5	29	17.5	0.14042568	8.42554072	2022.12977	2.02212977
14	12.4	29	16.6	0.10205499	6.12329918	1469.5918	1.4695918
16	13.4	29	15.6	0.1185056	7.11033583	1706.4806	1.7064806
18	14.3	29	14.7	0.1116811	6.70086601	1608.20784	1.60820784
20	15	29	14	0.09044914	5.42694849	1302.46764	1.30246764
25	17	29	12	0.11122564	6.67353811	1601.64915	1.60164915
30	18	29	11	0.06062462	3.63747731	872.994554	0.87299455
35	19	29	10	0.06453852	3.87231127	929.354704	0.9293547
40	20.2	29	8.8	0.08338161	5.00289654	1200.69517	1.20069517
45	21	29	8	0.05971923	3.58315408	859.95698	0.85995698
50	22.5	29	6.5	0.12260232	7.35613933	1765.47344	1.76547344
60	5.8	26	20.2	0	0	0	0
70	9.5	26	16.5	0.07939553	4.76373178	1143.29563	1.14329563
80	12.5	26	13.5	0.0751411	4.50846609	1082.03186	1.08203186
90	15	26	11	0.072591	4.3554603	1045.31047	1.04531047
100	16.3	26	9.7	0.04237061	2.54223685	610.136845	0.61013684
110	18	26	8	0.06144907	3.68694409	884.866582	0.88486658
120	19.3	26	6.7	0.05268026	3.16081547	758.595713	0.75859571

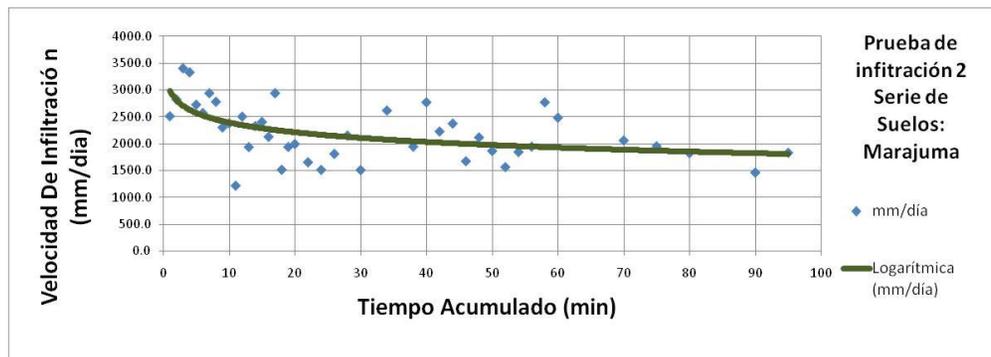


**Figura 14 A: Prueba de infiltración 1 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

**b. Prueba de infiltración 2**

**Cuadro 44 A: Prueba de infiltración 2, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		2					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Cultivo Marajuma		X	Y				
Radio	10	772269	1660101				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
				cm/min	cm/h	mm/día	m/día
0	0	30	30	0	0	0	0
1	1.2	30	28.8	0.1744363	10.4661777	2511.88265	2.51188265
2	2.5	30	27.5	0.19610357	11.7662139	2823.89135	2.82389135
3	4	30	26	0.23626442	14.1758655	3402.20771	3.40220771
4	5.4	30	24.6	0.23106422	13.8638529	3327.32471	3.32732471
5	6.5	30	23.5	0.18935137	11.3610822	2726.65973	2.72665973
6	7.5	30	22.5	0.17859041	10.7154248	2571.70195	2.57170195
7	8.6	30	21.4	0.20410997	12.2465984	2939.18361	2.93918361
8	9.6	30	20.4	0.19307418	11.5844508	2780.2682	2.7802682
9	10.4	30	19.6	0.16001366	9.60081933	2304.19664	2.30419664
10	11.2	30	18.8	0.16530431	9.91825868	2380.38208	2.38038208
11	11.6	30	18.4	0.08474779	5.08486749	1220.3682	1.2203682
12	12.4	30	17.6	0.17393058	10.4358348	2504.60036	2.50460036
13	13	30	17	0.13453726	8.07223588	1937.33661	1.93733661
14	13.7	30	16.3	0.1616769	9.70061419	2328.14741	2.32814741
15	14.4	30	15.6	0.16707998	10.0247991	2405.95178	2.40595178
16	15	30	15	0.14779401	8.86764067	2128.23376	2.12823376
17	15.8	30	14.2	0.20410997	12.2465984	2939.18361	2.93918361
18	16.2	30	13.8	0.10526705	6.31602276	1515.84546	1.51584546
19	16.7	30	13.3	0.13477905	8.086743	1940.81832	1.94081832
20	17.2	30	12.8	0.13851301	8.31078076	1994.58738	1.99458738
22	18	30	12	0.11496278	6.89776699	1655.46408	1.65546408
24	18.7	30	11.3	0.10512059	6.30723544	1513.7365	1.5137365
26	19.5	30	10.5	0.12581271	7.54876258	1811.70302	1.81170302
28	20.4	30	9.6	0.14954624	8.97277428	2153.46583	2.15346583
30	21	30	9	0.1049105	6.29462986	1510.71117	1.51071117
32	2.2	30	27.8	0	0	0	0
34	4.5	30	25.5	0.18175458	10.9052748	2617.26594	2.61726594
36	6.5	30	23.5	0.16955649	10.1733895	2441.61347	2.44161347
38	8	30	22	0.13516805	8.11008319	1946.41997	1.94641997
40	10	30	20	0.1924026	11.5441562	2770.59748	2.77059748
42	11.5	30	18.5	0.15468851	9.28131056	2227.51453	2.22751453
44	13	30	17	0.16489492	9.89369517	2374.48684	2.37448684
46	14	30	16	0.11630004	6.97800235	1674.72056	1.67472056
48	15.2	30	14.8	0.14710125	8.826075	2118.258	2.118258
50	16.2	30	13.8	0.12956267	7.77376018	1865.70244	1.86570244
52	17	30	13	0.10871278	6.52276679	1565.46403	1.56546403
54	17.9	30	12.1	0.12823324	7.69399416	1846.5586	1.8465586
56	18.8	30	11.2	0.13516805	8.11008319	1946.41997	1.94641997
58	20	30	10	0.1924026	11.5441562	2770.59748	2.77059748
60	21	30	9	0.17248218	10.3489307	2483.74337	2.48374337
65	5	30	25	0	0	0	0
70	9	30	21	0.14310084	8.58605062	2060.65215	2.06065215
75	12.3	30	17.7	0.13573161	8.14389681	1954.53523	1.95453523
80	15	30	15	0.12663265	7.59795906	1823.51017	1.82351017
85	17.4	30	12.6	0.12783337	7.67000229	1840.80055	1.84080055
90	19.1	30	10.9	0.10157979	6.09478757	1462.74902	1.46274902
95	21	30	9	0.12726178	7.63570678	1832.56963	1.83256963

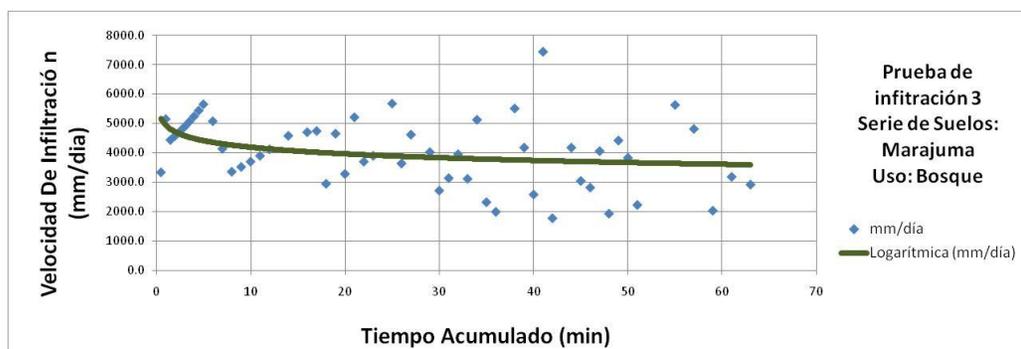


**Figura 15 A: Prueba de infiltración 2 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

c. Prueba de infiltración 3

**Cuadro 45 A: Prueba de infiltración 3, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		3					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Bosque Marajuma		X	Y				
Radio	10	772580	1650606				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
				cm/min	cm/h	mm/día	m/día
0	0	30	30	0	0	0	0
0.5	0.8	30	29.2	0.231224174	13.8734505	3329.62811	3.32962811
1	2	30	28	0.357180826	21.4308496	5143.40389	5.14340389
1.5	3	30	27	0.307716587	18.4629952	4431.11885	4.43111885
2	4	30	26	0.317486983	19.049219	4571.81256	4.57181256
2.5	5	30	25	0.327898228	19.6738937	4721.73449	4.72173449
3	6	30	24	0.339015517	20.340931	4881.82344	4.88182344
3.5	7	30	23	0.350913198	21.0547919	5053.15005	5.05315005
4	8	30	22	0.363676442	21.8205865	5236.94076	5.23694076
4.5	9	30	21	0.37740328	22.6441968	5434.60723	5.43460723
5	10	30	20	0.392207132	23.5324279	5647.78269	5.64778269
6	11.7	30	18.3	0.352112321	21.1267393	5070.41743	5.07041743
7	13	30	17	0.287054536	17.2232722	4133.58532	4.13358532
8	14	30	16	0.232600078	13.9560047	3349.44113	3.34944113
9	15	30	15	0.243950821	14.6370493	3512.89182	3.51289182
10	16	30	14	0.256466472	15.3879883	3693.1172	3.6931172
11	17	30	13	0.270336106	16.2201664	3892.83993	3.89283993
12	18	30	12	0.285792069	17.1475242	4115.4058	4.1154058
13	2.5	30	27.5	0	0	0	0
14	4.5	30	25.5	0.317567029	19.0540217	4572.96521	4.57296521
15	6.5	30	23.5	0.339112982	20.3467789	4883.22694	4.88322694
16	8.3	30	21.7	0.326202609	19.5721566	4697.31757	4.69731757
17	10	30	20	0.328938703	19.7363222	4736.71732	4.73671732
18	11	30	19	0.204109973	12.2465984	2939.18361	2.93918361
19	12.5	30	17.5	0.322692606	19.3615563	4646.77352	4.64677352
20	13.5	30	16.5	0.22731187	13.6387122	3273.29093	3.27329093
21	15	30	15	0.361603308	21.6961985	5207.08763	5.20708763
22	16	30	14	0.256466472	15.3879883	3693.1172	3.6931172
23	17	30	13	0.270336106	16.2201664	3892.83993	3.89283993
24	2	30	28	0	0	0	0
25	4.5	30	25.5	0.393904389	23.6342634	5672.22321	5.67222321
26	6	30	24	0.252154268	15.1292561	3631.02146	3.63102146
27	7.8	30	22.2	0.320394283	19.223657	4613.67768	4.61367768
28	9.2	30	20.8	0.264212407	15.8527444	3804.65866	3.80465866
29	10.6	30	19.4	0.278956798	16.7374079	4016.97789	4.01697789
30	11.5	30	18.5	0.187913556	11.2748133	2705.9552	2.7059552
31	12.5	30	17.5	0.21742556	13.0455336	3130.92806	3.13092806
32	13.7	30	16.3	0.274041182	16.4424709	3946.19303	3.94619303
33	14.6	30	15.4	0.215860859	12.9516516	3108.39637	3.10839637
34	16	30	14	0.355479608	21.3287765	5118.90636	5.11890636
35	16.6	30	13.4	0.160441573	9.62649437	2310.35865	2.31035865
36	17.1	30	12.9	0.137749759	8.26498553	1983.59653	1.98359653
37	2.4	30	27.6	0	0	0	0
38	4.8	30	25.2	0.38235182	22.9411092	5505.86621	5.50586621
39	6.5	30	23.5	0.289689186	17.3813511	4171.52427	4.17152427
40	7.5	30	22.5	0.178590413	10.7154248	2571.70195	2.57170195
41	10.2	30	19.8	0.516711758	31.0027055	7440.64931	7.44064931
42	10.8	30	19.2	0.1224551	7.347306	1763.35344	1.76335344
43	11.9	30	18.1	0.232600078	13.9560047	3349.44113	3.34944113
44	13.2	30	16.8	0.289613239	17.3767943	4170.43064	4.17043064
45	14.1	30	15.9	0.210804054	12.6482432	3035.57838	3.03557838
46	14.9	30	15.1	0.19514672	11.7088032	2810.11276	2.81011276
47	16	30	14	0.281404179	16.8842508	4052.22018	4.05222018
48	16.5	30	13.5	0.133341235	8.00047412	1920.11379	1.92011379
49	17.6	30	12.4	0.306502629	18.3901578	4413.63786	4.41363786
50	18.5	30	11.5	0.265549127	15.9329476	3823.90742	3.82390742
51	19	30	11	0.153858293	9.2314976	2215.55942	2.21555942
53	3.2	30	26.8	0	0	0	0
55	7.8	30	22.2	0.390623291	23.4373975	5624.97539	5.62497539
57	11.2	30	18.8	0.333828482	20.0297089	4807.13013	4.80713013
59	12.5	30	17.5	0.140425679	8.42554072	2022.12977	2.02212977
61	14.4	30	15.6	0.220560584	13.233635	3176.0724	3.1760724
63	16	30	14	0.202130242	12.1278145	2910.67548	2.91067548

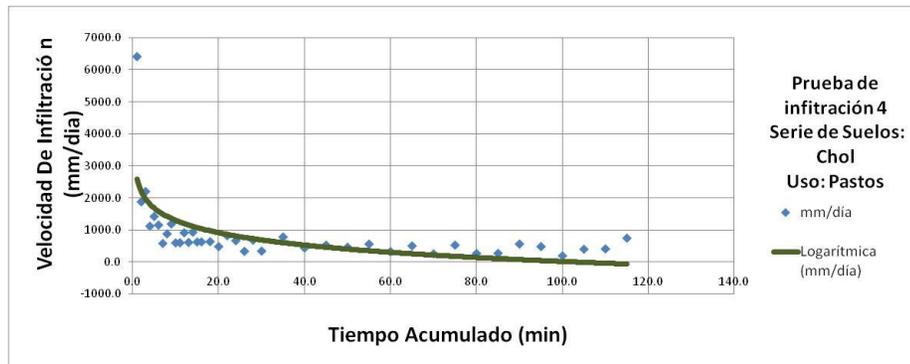


**Figura 16 A: Prueba de infiltración 3 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

d. Prueba de infiltración 4

**Cuadro 46 A: prueba de infiltración 4, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		4					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Pastos Chol		X	Y				
Radio	12	771332	1657524				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
				cm/min	cm/h	mm/día	m/día
0	0	29	29	0	0	0	0
1	2.5	29	26.5	0.44464783	26.67887	6402.92879	6.40292879
2	3.2	29	25.8	0.1306428	7.83856784	1881.25628	1.88125628
3	4	29	25	0.15287451	9.17247071	2201.39297	2.20139297
4	4.4	29	24.6	0.07792317	4.67539039	1122.09369	1.12209369
5	4.9	29	24.1	0.09884902	5.93094139	1423.42593	1.42342593
6	5.3	29	23.7	0.08026876	4.81612534	1155.87008	1.15587008
7	5.5	29	23.5	0.04054069	2.43244169	583.786005	0.583786
8	5.8	29	23.2	0.06132932	3.67975947	883.142272	0.88314227
9	6.2	29	22.8	0.08275993	4.96559597	1191.74303	1.19174303
10	6.4	29	22.6	0.04181202	2.50872095	602.093029	0.60209303
11	6.6	29	22.4	0.04210544	2.52632616	606.318278	0.60631828
12	6.9	29	22.1	0.06371741	3.82304478	917.530747	0.91753075
13	7.1	29	21.9	0.04285733	2.5714395	617.145481	0.61714548
14	7.4	29	21.6	0.06486655	3.8919298	934.063151	0.93406315
15	7.6	29	21.4	0.04363656	2.61819336	628.366406	0.62836641
16	7.8	29	21.2	0.04395624	2.63737443	632.969864	0.63296986
18	8.2	29	20.8	0.04444526	2.66671544	640.011706	0.64001171
20	8.5	29	20.5	0.03377146	2.02628781	486.309075	0.48630908
22	9	29	20	0.05714458	3.42867509	822.882023	0.82288202
24	9.4	29	19.6	0.04651256	2.79075358	669.780858	0.66978086
26	9.6	29	19.4	0.02352953	1.41177194	338.825266	0.33882527
28	10	29	19	0.04762005	2.85720285	685.728684	0.68572868
30	10.2	29	18.8	0.02409652	1.44579091	346.989817	0.34698982
35	11.3	29	17.7	0.05444233	3.26653956	783.969495	0.78396949
40	11.9	29	17.1	0.03077092	1.846255	443.101201	0.4431012
45	12.6	29	16.4	0.03692599	2.21555942	531.734262	0.53173426
50	13.2	29	15.8	0.03258119	1.95487121	469.169091	0.46916909
55	13.9	29	15.1	0.03916432	2.34985891	563.966139	0.56396614
60	14.3	29	14.7	0.02296721	1.3780325	330.727799	0.3307278
65	14.9	29	14.1	0.03529666	2.11779973	508.271936	0.50827194
70	15.2	29	13.8	0.01804545	1.08272717	259.854521	0.25985452
75	15.8	29	13.2	0.03692599	2.21555942	531.734262	0.53173426
80	16.1	29	12.9	0.01889803	1.1338817	272.131608	0.27213161
85	16.4	29	12.6	0.01920041	1.15202458	276.485898	0.2764859
90	17	29	12	0.03934779	2.36086724	566.608138	0.56660814
95	17.5	29	11.5	0.03380505	2.02830314	486.792754	0.48679275
100	17.7	29	11.3	0.01379326	0.82759532	198.622876	0.19862288
105	18.1	29	10.9	0.02807146	1.68428733	404.228959	0.40422896
110	18.5	29	10.5	0.02874389	1.72463335	413.912005	0.413912
115	19.2	29	9.8	0.05202053	3.12123174	749.095618	0.74909562

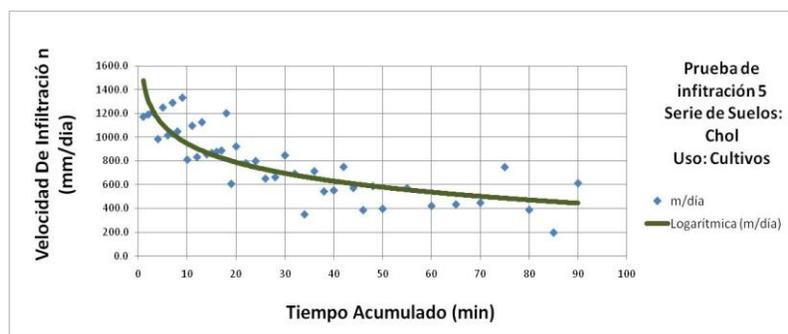


**Figura 17 A: Prueba de infiltración 4 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

### e. Prueba de infiltración 5

**Cuadro 47 A: Prueba de infiltración 5, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		5					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Cultivos Chol		X	Y				
Radio	10	770545	1655505				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
0	0	26	26	cm/min	cm/h	mm/día	m/día
1	0.5	26	25.5	0.081	4.878	1170.758	1.171
2	1	26	25	0.083	4.959	1190.110	1.190
3	1.5	26	24.5	0.084	5.042	1210.113	1.210
4	1.9	26	24.1	0.068	4.096	982.950	0.983
5	2.4	26	23.6	0.087	5.199	1247.865	1.248
6	2.8	26	23.2	0.070	4.225	1014.101	1.014
7	3.3	26	22.7	0.089	5.367	1288.049	1.288
8	3.7	26	22.3	0.073	4.364	1047.291	1.047
9	4.2	26	21.8	0.092	5.545	1330.907	1.331
10	4.5	26	21.5	0.056	3.377	810.515	0.811
11	4.9	26	21.1	0.076	4.563	1095.078	1.095
12	5.2	26	20.8	0.058	3.468	832.379	0.832
13	5.6	26	20.4	0.078	4.688	1125.023	1.125
14	5.9	26	20.1	0.059	3.564	855.456	0.855
15	6.2	26	19.8	0.060	3.607	865.742	0.866
16	6.5	26	19.5	0.061	3.651	876.279	0.876
17	6.8	26	19.2	0.062	3.696	887.075	0.887
18	7.2	26	18.8	0.083	5.000	1200.028	1.200
19	7.4	26	18.6	0.042	2.532	607.599	0.608
20	7.7	26	18.3	0.064	3.838	921.121	0.921
22	8.2	26	17.8	0.054	3.254	780.942	0.781
24	8.7	26	17.3	0.055	3.326	798.259	0.798
26	9.1	26	16.9	0.045	2.715	651.601	0.652
28	9.5	26	16.5	0.046	2.765	663.613	0.664
30	10	26	16	0.059	3.530	847.098	0.847
32	10.4	26	15.6	0.048	2.885	692.329	0.692
34	10.6	26	15.4	0.024	1.463	351.222	0.351
36	11	26	15	0.050	2.970	712.895	0.713
38	11.3	26	14.7	0.038	2.267	544.091	0.544
40	11.6	26	14.4	0.038	2.302	552.441	0.552
42	12	26	14	0.052	3.125	750.027	0.750
44	12.3	26	13.7	0.040	2.387	572.956	0.573
46	12.5	26	13.5	0.027	1.613	387.101	0.387
48	12.8	26	13.2	0.041	2.452	588.569	0.589
50	13	26	13	0.028	1.657	397.794	0.398
55	13.7	26	12.3	0.040	2.380	571.180	0.571
60	14.2	26	11.8	0.029	1.760	422.318	0.422
65	14.7	26	11.3	0.030	1.813	435.078	0.435
70	15.2	26	10.8	0.031	1.869	448.634	0.449
75	16	26	10	0.052	3.118	748.220	0.748
80	16.4	26	9.6	0.027	1.622	389.213	0.389
85	16.6	26	9.4	0.014	0.828	198.624	0.199
90	17.2	26	8.8	0.043	2.554	612.858	0.613
95	20.5	26	5.5	0.273	16.398	3935.424	3.935



**Figura 18 A: Prueba de infiltración 5 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

f. Prueba de infiltración 6

Cuadro 48 A: Prueba de infiltración 6, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.

Prueba de Infiltración		6					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Bosque Chol		X	Y				
Radio	10	770309	1653451				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
				cm/min	cm/h	mm/día	m/día
0	0	26	26	0	0	0	0
1	2.6	26	23.4	0.438	26.279	6307.060	6.307
2	5	26	21	0.441	26.488	6357.068	6.357
3	6.2	26	19.8	0.236	14.176	3402.208	3.402
4	8	26	18	0.377	22.605	5425.159	5.425
5	9.5	26	16.5	0.337	20.232	4855.772	4.856
7	11.5	26	14.5	0.244	14.646	3514.985	3.515
9	14	26	12	0.343	20.580	4939.240	4.939
11	16	26	10	0.313	18.774	4505.873	4.506
0	0	26	26	0.000	0.000	0.000	0.000
12	1.3	26	24.7	0.000	0.000	0.000	0.000
13	2.5	26	23.5	0.206	12.373	2969.493	2.969
14	4	26	22	0.270	16.220	3892.840	3.893
15	5.4	26	20.6	0.266	15.973	3833.605	3.834
16	6.1	26	19.9	0.139	8.317	1996.167	1.996
17	7	26	19	0.184	11.044	2650.606	2.651
18	7.5	26	18.5	0.105	6.316	1515.845	1.516
19	8.2	26	17.8	0.151	9.072	2177.272	2.177
20	8.6	26	17.4	0.088	5.310	1274.370	1.274
21	9	26	17	0.090	5.406	1297.332	1.297
0	0	25	25	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.5	25	24.5	0.000	0.000	0.000	0.000
23	1	25	24	0.085	5.128	1230.799	1.231
24	1.2	25	23.8	0.035	2.076	498.272	0.498
25	1.6	25	23.4	0.070	4.196	1007.009	1.007
26	2	25	23	0.071	4.255	1021.294	1.021
27	2.6	25	22.4	0.108	6.498	1559.628	1.560
28	3	25	22	0.074	4.412	1058.843	1.059
29	3.5	25	21.5	0.093	5.608	1345.834	1.346
30	4	25	21	0.095	5.714	1371.470	1.371
31	4.5	25	20.5	0.097	5.825	1398.102	1.398
33	5.1	25	19.9	0.060	3.572	857.183	0.857
36	5.7	25	19.3	0.041	2.439	585.395	0.585
37	6.2	25	18.8	0.104	6.237	1496.935	1.497
39	6.5	25	18.5	0.032	1.903	456.666	0.457
41	7.4	25	17.6	0.098	5.858	1405.819	1.406
43	7.6	25	17.4	0.022	1.333	320.002	0.320
45	8.1	25	16.9	0.056	3.386	812.676	0.813
0	0	26	26	0.000	0.000	0.000	0.000
46	0.5	26	25.5	0.000	0.000	0.000	0.000
47	1.5	26	24.5	0.167	10.001	2400.222	2.400
48	2.2	26	23.8	0.120	7.204	1729.071	1.729
49	3	26	23	0.141	8.451	2028.303	2.028
50	3.5	26	22.5	0.090	5.406	1297.332	1.297
51	4.3	26	21.7	0.148	8.857	2125.616	2.126
52	5	26	21	0.133	7.970	1912.826	1.913
53	5.5	26	20.5	0.097	5.825	1398.102	1.398
54	6	26	20	0.099	5.941	1425.789	1.426
55	6.5	26	19.5	0.101	6.061	1454.595	1.455
56	7	26	19	0.103	6.186	1484.589	1.485
57	7.3	26	18.7	0.063	3.774	905.672	0.906
58	7.6	26	18.4	0.064	3.822	917.210	0.917
59	8	26	18	0.086	5.173	1241.410	1.241
60	8.2	26	17.8	0.044	2.620	628.825	0.629
61	8.4	26	17.6	0.044	2.643	634.365	0.634
63	9	26	17	0.067	4.036	968.668	0.969
65	9.8	26	16.2	0.093	5.556	1333.486	1.333
67	10.2	26	15.8	0.048	2.857	685.735	0.686
69	10.8	26	15.2	0.073	4.391	1053.734	1.054
71	11.1	26	14.9	0.037	2.244	538.663	0.539
73	11.5	26	14.5	0.051	3.046	730.990	0.731
75	12	26	14	0.065	3.896	935.118	0.935
78	13	26	13	0.090	5.407	1297.613	1.298
81	13.5	26	12.5	0.047	2.817	676.101	0.676
84	14.1	26	11.9	0.058	3.489	837.294	0.837

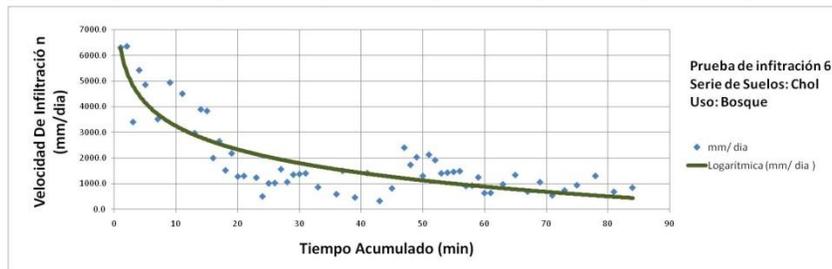


Figura 19 A: Prueba de infiltración 6 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.

g. Prueba de infiltración 7

Cuadro 49 A: Prueba de infiltración 7, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.

Prueba de infiltración 7							
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Bosque Acasaguastlan		X	Y				
Radio	10.5	769116	1653405				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración cm/min	cm/h	mm/día	m/día
0	0	27	0	0	0	0	0
0.5	1.5	27	25.5	0.500	30.006	7201.361	7.201
1	2.5	27	24.5	0.347	20.828	4998.802	4.999
1.5	3.4	27	23.6	0.323	19.353	4644.734	4.645
2	4.6	27	22.4	0.446	26.765	6423.621	6.424
2.5	6	27	21	0.546	32.735	7856.313	7.856
3	6.8	27	20.2	0.325	19.499	4679.677	4.680
3.5	8	27	19	0.507	30.428	7302.828	7.303
4	8.6	27	18.4	0.263	15.784	3788.090	3.788
4.5	9.6	27	17.4	0.464	27.218	6532.333	6.532
5	10.4	27	16.6	0.378	22.684	5436.990	5.437
5.5	11	27	16	0.292	17.542	4210.017	4.210
6	11.5	27	15.5	0.250	15.001	3600.170	3.600
6.5	12	27	15	0.256	15.367	3687.988	3.688
7	12.8	27	14.2	0.442	26.394	6093.528	6.093
7.5	13.3	27	13.7	0.273	16.407	3937.723	3.938
8	13.6	27	13.4	0.168	10.053	2412.817	2.413
8.5	14.5	27	12.5	0.519	31.150	7478.447	7.478
9	15	27	12	0.300	18.001	4320.294	4.320
9.5	15.2	27	11.8	0.122	7.347	1763.285	1.763
10	15.5	27	11.5	0.186	11.184	2684.094	2.684
11	16	27	11	0.159	9.546	2291.084	2.291
12	0	27	27	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0	27	25	0.006	0.000	0.000	0.000
13	4.2	27	22.8	0.396	23.785	5708.371	5.708
14	7.2	27	19.8	0.594	35.631	8551.479	8.551
15	8	27	19	0.170	10.224	2453.765	2.454
16	9.3	27	17.7	0.236	14.156	3397.583	3.398
17	10.5	27	16.5	0.282	16.917	4060.036	4.060
18	11.5	27	15.5	0.247	14.826	3558.304	3.558
19	12.6	27	14.4	0.286	17.158	4117.849	4.118
20	13.5	27	13.5	0.246	14.768	3544.399	3.544
21	14.5	27	12.5	0.288	17.265	4143.503	4.144
22	16.4	27	10.6	0.594	35.663	8559.131	8.559
23	17.5	27	9.5	0.378	22.687	5437.637	5.438
24	18	27	9	0.181	10.863	2607.155	2.607
25	2	27	25	0.000	0.000	0.000	0.000
26	4.2	27	22.8	0.362	21.695	5206.877	5.207
27	6	27	21	0.348	20.892	5013.992	5.014
28	7.5	27	19.5	0.309	18.535	4448.362	4.448
29	9	27	18	0.328	19.694	4726.539	4.727
30	10.2	27	16.8	0.278	16.693	4006.235	4.006
31	11.2	27	15.8	0.244	14.620	3508.750	3.509
32	12	27	15	0.205	12.205	2929.190	2.930
33	12.9	27	14.1	0.239	14.321	3436.965	3.437
34	13.7	27	13.3	0.222	13.300	3192.031	3.192
35	14.5	27	12.5	0.231	13.887	3332.771	3.333
36	15.4	27	11.6	0.273	16.391	3933.835	3.934
37	16	27	11	0.190	11.421	2741.086	2.741
38	17	27	10	0.333	20.007	4801.613	4.802
39	17.6	27	9.4	0.211	12.644	3034.221	3.035
40	2	27	25	0.106	6.373	1529.597	1.530
41	3.6	27	23.4	0.008	0.504	121.001	0.121
42	5.2	27	21.8	0.205	12.205	2929.190	2.930
43	6.7	27	20.3	0.300	17.971	4312.956	4.313
44	8	27	19	0.274	16.450	3947.855	3.948
45	8.3	27	18.7	0.065	3.921	941.091	0.941
46	10.2	27	16.8	0.434	26.037	6248.773	6.249
47	11	27	16	0.184	11.041	2793.851	2.794
48	11.8	27	15.2	0.201	12.088	2901.075	2.901
49	12.8	27	14.2	0.263	15.793	3790.267	3.790
50	13.7	27	13.3	0.249	14.924	3581.722	3.582
51	14.5	27	12.5	0.231	13.887	3332.771	3.333
52	15	27	12	0.160	9.001	2160.147	2.160
53	15.8	27	11.2	0.249	14.958	3589.992	3.590
54	16.3	27	10.7	0.162	9.723	2333.119	2.334
55	17	27	10	0.236	14.137	3392.877	3.393
56	17.5	27	9.5	0.175	10.501	2520.233	2.520
57	18	27	9	0.181	10.863	2607.155	2.607
58	18.8	27	8.2	0.303	18.200	4368.002	4.368
59	19.2	27	7.8	0.159	9.510	2282.438	2.282
60	0	27	27	0.000	0.000	0.000	0.000
61	1.5	27	25.5	0.000	0.000	0.000	0.000
62	3	27	24	0.263	15.753	3780.788	3.781
63	3.2	27	23.8	0.036	2.161	518.698	0.519
64	5.5	27	21.5	0.433	25.982	6235.711	6.236
65	6.8	27	20.2	0.262	15.693	3766.296	3.766
66	7.3	27	19.7	0.104	6.250	1500.049	1.500
67	8.8	27	18.2	0.326	19.531	4687.452	4.687
68	9.4	27	17.6	0.136	8.165	1959.505	1.960
69	10.9	27	16.1	0.356	21.388	5133.193	5.133
70	11.2	27	15.8	0.074	4.458	1069.829	1.070
71	11.8	27	15.2	0.152	9.109	2186.176	2.186
72	12.4	27	14.6	0.156	9.380	2251.283	2.251
73	13.2	27	13.8	0.216	12.958	3109.950	3.110
74	14.4	27	12.6	0.342	20.496	4919.808	4.919
75	15	27	12	0.180	10.770	2584.867	2.585
76	2.5	27	24.5	0.000	0.000	0.000	0.000
77	5	27	22	0.230	13.825	3317.918	3.318
78	7	27	20	0.200	12.006	2881.394	2.881
79	9	27	18	0.217	12.997	3119.295	3.119
80	11	27	16	0.236	14.167	3400.043	3.400
81	12.2	27	14.8	0.163	9.155	2197.229	2.197
82	13.2	27	13.8	0.134	8.058	1933.926	1.934
83	14.5	27	12.5	0.186	11.132	2671.764	2.672
84	15.5	27	11.5	0.162	9.133	2191.918	2.192
85	16.4	27	10.6	0.145	8.699	2087.647	2.088

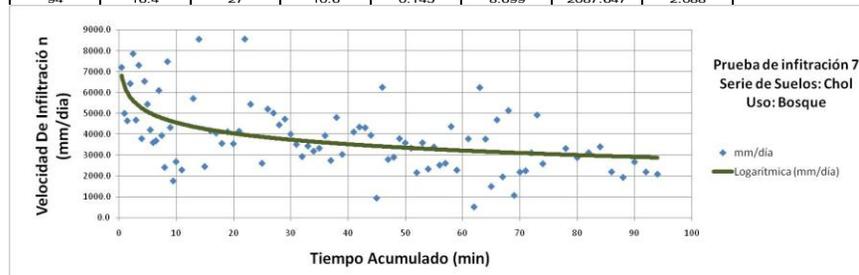
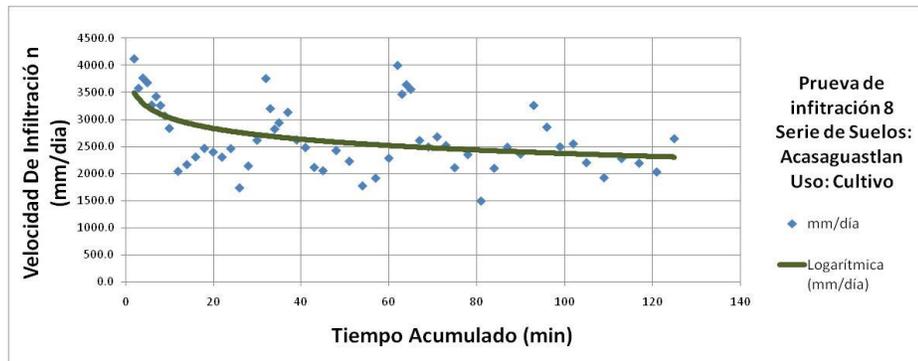


Figura 20 A: Prueba de infiltración 7 mm/dio, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.

**h. Prueba de infiltración 8**

**Cuadro 50 A: Prueba de infiltración 8, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		8					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Cultivo	Acasaguastlan	X	Y				
Radio	10	769110	1655773				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
0	0	30	30	cm/min	cm/h	mm/día	m/día
1	25.6	30	25.6	0.672	40.304	9673.060	9.673
2	23.9	30	23.9	0.286	17.148	4115.406	4.115
3	22.5	30	22.5	0.248	14.897	3575.203	3.575
4	21.1	30	21.1	0.261	15.675	3762.050	3.762
5	19.8	30	19.8	0.255	15.327	3678.600	3.679
6	18.7	30	18.7	0.227	13.611	3266.540	3.267
7	17.6	30	17.6	0.238	14.258	3421.810	3.422
8	16.6	30	16.6	0.226	13.577	3258.475	3.258
9	15.7	30	15.7	0.213	12.768	3064.292	3.064
10	14.9	30	14.9	0.197	11.824	2837.806	2.838
12	13.8	30	13.8	0.142	8.529	2047.063	2.047
14	12.7	30	12.7	0.151	9.044	2170.520	2.171
16	11.6	30	11.6	0.160	9.624	2309.830	2.310
18	10.5	30	10.5	0.171	10.284	2468.256	2.468
20	9.5	30	9.5	0.167	10.004	2400.889	2.401
22	8.6	30	8.6	0.160	9.612	2306.839	2.307
24	7.7	30	7.7	0.171	10.270	2464.841	2.465
26	7.1	30	7.1	0.121	7.259	1742.275	1.742
28	6.4	30	6.4	0.149	8.939	2145.315	2.145
30	5.6	30	5.6	0.182	10.914	2619.337	2.619
31	26.5	30	26.5	0.000	0.000	0.000	0.000
32	24.9	30	24.9	0.261	15.639	3753.293	3.753
33	23.6	30	23.6	0.222	13.336	3200.527	3.201
34	22.5	30	22.5	0.196	11.766	2823.891	2.824
35	21.4	30	21.4	0.204	12.247	2939.184	2.939
37	19.2	30	19.2	0.218	13.052	3132.410	3.132
39	17.5	30	17.5	0.182	10.926	2622.144	2.622
41	16	30	16	0.172	10.349	2483.743	2.484
43	14.8	30	14.8	0.147	8.826	2118.258	2.118
45	13.7	30	13.7	0.143	8.574	2057.703	2.058
48	11.9	30	11.9	0.169	10.121	2429.038	2.429
51	10.4	30	10.4	0.155	9.295	2230.707	2.231
54	9.3	30	9.3	0.124	7.411	1778.591	1.779
57	8.2	30	8.2	0.133	8.004	1921.025	1.921
60	7	30	7	0.159	9.531	2287.444	2.287
61	26.5	30	26.5	0.000	0.000	0.000	0.000
62	24.8	30	24.8	0.277	16.644	3994.499	3.994
63	23.4	30	23.4	0.241	14.436	3464.586	3.465
64	22	30	22	0.253	15.166	3639.764	3.640
65	20.7	30	20.7	0.247	14.804	3552.903	3.553
67	18.9	30	18.9	0.182	10.892	2614.051	2.614
69	17.3	30	17.3	0.173	10.394	2494.504	2.495
71	15.7	30	15.7	0.186	11.168	2680.307	2.680
73	14.3	30	14.3	0.175	10.504	2521.030	2.521
75	13.2	30	13.2	0.147	8.803	2112.606	2.113
78	11.5	30	11.5	0.163	9.806	2353.469	2.353
81	10.5	30	10.5	0.104	6.252	1500.489	1.500
84	9.2	30	9.2	0.146	8.760	2102.353	2.102
87	7.8	30	7.8	0.173	10.380	2491.123	2.491
90	6.6	30	6.6	0.164	9.844	2362.562	2.363
91	26.2	30	26.2	0.000	0.000	0.000	0.000
93	23.5	30	23.5	0.226	13.577	3258.504	3.259
96	20.3	30	20.3	0.198	11.910	2858.393	2.858
99	17.8	30	17.8	0.173	10.404	2497.053	2.497
102	15.5	30	15.5	0.177	10.634	2552.056	2.552
105	13.7	30	13.7	0.153	9.190	2205.633	2.206
109	11.8	30	11.8	0.134	8.036	1928.603	1.929
113	9.8	30	9.8	0.158	9.506	2281.531	2.282
117	8.1	30	8.1	0.153	9.151	2196.269	2.196
121	6.7	30	6.7	0.141	8.477	2034.421	2.034
125	5.1	30	5.1	0.184	11.029	2646.962	2.647

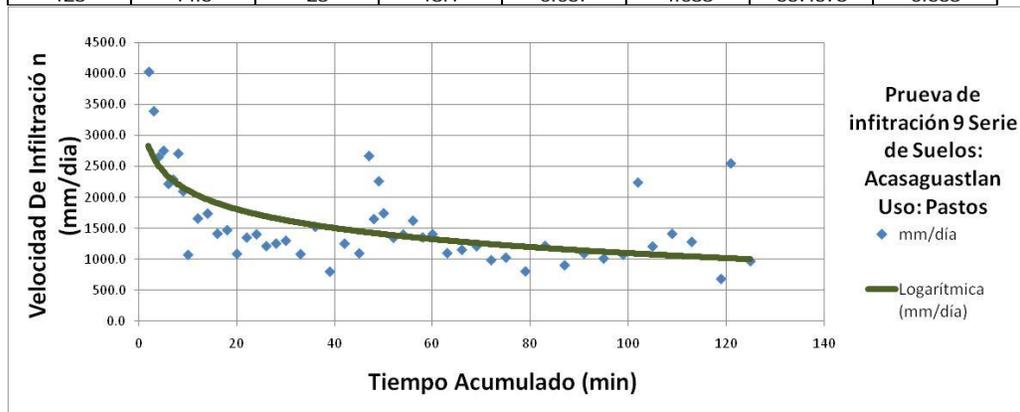


**Figura 21 A: Prueba de infiltración 8 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

**i. Prueba de infiltración 9**

**Cuadro 51 A: prueba de infiltración 9, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		9					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Pastos	Acasaguastlan	X	Y				
Radio	10	768999	1653009				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	cm/min	cm/h	mm/día	m/día
0	0	28	28	0	0	0	0
1	5.4	28	22.6	0.893	53.608	12865.809	12.866
2	6.9	28	21.1	0.279	16.764	4023.393	4.023
3	8.1	28	19.9	0.235	14.120	3388.861	3.389
4	9	28	19	0.184	11.044	2650.606	2.651
5	9.9	28	18.1	0.191	11.466	2751.927	2.752
6	10.6	28	17.4	0.154	9.231	2215.559	2.216
7	11.3	28	16.7	0.159	9.525	2285.906	2.286
8	12.1	28	15.9	0.188	11.269	2704.543	2.705
9	12.7	28	15.3	0.146	8.738	2097.236	2.097
10	13	28	15	0.074	4.467	1071.980	1.072
12	13.9	28	14.1	0.115	6.907	1657.582	1.658
14	14.8	28	13.2	0.121	7.240	1737.603	1.738
16	15.5	28	12.5	0.098	5.883	1411.946	1.412
18	16.2	28	11.8	0.102	6.123	1469.592	1.470
20	16.7	28	11.3	0.076	4.532	1087.696	1.088
22	17.3	28	10.7	0.094	5.626	1350.158	1.350
24	17.9	28	10.1	0.097	5.845	1402.775	1.403
26	18.4	28	9.6	0.084	5.051	1212.236	1.212
28	18.9	28	9.1	0.087	5.227	1254.482	1.254
30	19.4	28	8.6	0.090	5.416	1299.780	1.300
33	20	28	8	0.075	4.512	1082.890	1.083
36	20.8	28	7.2	0.106	6.351	1524.322	1.524
39	21.2	28	6.8	0.056	3.334	800.074	0.800
42	21.8	28	6.2	0.087	5.219	1252.458	1.252
45	22.3	28	5.7	0.076	4.567	1096.081	1.096
46	5.5	28	22.5	0.000	0.000	0.000	0.000
47	6.5	28	21.5	0.185	11.112	2666.972	2.667
48	7.1	28	20.9	0.115	6.871	1648.927	1.649
49	7.9	28	20.1	0.157	9.413	2259.009	2.259
50	8.5	28	19.5	0.121	7.258	1742.020	1.742
52	9.4	28	18.6	0.094	5.614	1347.351	1.347
54	10.3	28	17.7	0.097	5.832	1399.744	1.400
56	11.3	28	16.7	0.113	6.758	1621.896	1.622
58	12.1	28	15.9	0.094	5.634	1352.272	1.352
60	12.9	28	15.1	0.098	5.854	1405.056	1.405
63	13.8	28	14.2	0.076	4.581	1099.429	1.099
66	14.7	28	13.3	0.080	4.801	1152.221	1.152
69	15.6	28	12.4	0.084	5.043	1210.340	1.210
72	16.3	28	11.7	0.068	4.106	985.476	0.985
75	17	28	11	0.071	4.282	1027.680	1.028
79	17.7	28	10.3	0.056	3.355	805.246	0.805
83	18.7	28	9.3	0.084	5.069	1216.679	1.217
87	19.4	28	8.6	0.063	3.764	903.415	0.903
91	20.2	28	7.8	0.076	4.547	1091.243	1.091
95	20.9	28	7.1	0.070	4.218	1012.315	1.012
99	21.6	28	6.4	0.074	4.469	1072.658	1.073
100	4.8	28	23.2	0.000	0.000	0.000	0.000
102	6.5	28	21.5	0.155	9.327	2238.381	2.238
105	7.8	28	20.2	0.084	5.030	1207.218	1.207
109	9.7	28	18.3	0.098	5.879	1411.031	1.411
113	11.3	28	16.7	0.089	5.336	1280.540	1.281
119	12.5	28	15.5	0.047	2.844	682.648	0.683
121	13.9	28	14.1	0.177	10.610	2546.516	2.547
125	14.9	28	13.1	0.067	4.033	967.975	0.968

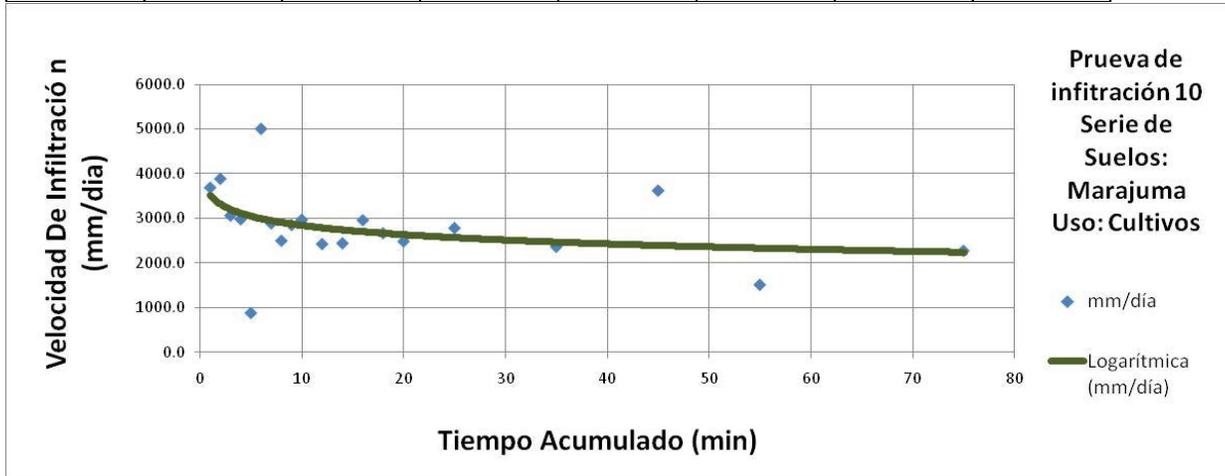


**Figura 22 A: Prueba de infiltración 9 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

**j. Prueba de infiltración 10**

**Cuadro 52 Prueba de infiltración 10, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

Prueba de Infiltración		10					
Unidad de Muestreo		Coordenadas UTM					
Cultivo Marajuma (consevación de suelos)		X	Y				
Radio	10	772269	1660101				
Tiempo (min)	Descenso (cm)	Profundidad total (cm)	Altura (cm)	Velocidad de infiltración			
				cm/min	cm/h	mm/día	m/día
0	0	35	35	0	0	0	0
1	2	35	33	0.25646647	15.3879883	3693.1172	3.6931172
2	4	35	31	0.27033611	16.2201664	3892.83993	3.89283993
3	5.5	35	29.5	0.21279807	12.7678843	3064.29224	3.06429224
4	6.9	35	28.1	0.20713021	12.4278125	2982.675	2.982675
5	7.3	35	27.7	0.06079102	3.64746134	875.390723	0.87539072
6	9.5	35	25.5	0.34824197	20.8945183	5014.68439	5.01468439
7	10.7	35	24.3	0.20069584	12.0417503	2890.02007	2.89002007
8	11.7	35	23.3	0.17362856	10.4177134	2500.25122	2.50025122
9	12.8	35	22.2	0.19822416	11.8934494	2854.42786	2.85442786
10	13.9	35	21.1	0.20640829	12.3844977	2972.27945	2.97227945
12	15.6	35	19.4	0.16838046	10.1028273	2424.67855	2.42467855
14	17.2	35	17.8	0.16955649	10.1733895	2441.61347	2.44161347
16	19	35	16	0.20559525	12.3357147	2960.57154	2.96057154
18	20.5	35	14.5	0.18526993	11.1161958	2667.887	2.667887
20	21.8	35	13.2	0.17248218	10.3489307	2483.74337	2.48374337
25	25	35	10	0.19337139	11.6022836	2784.54806	2.78454806
30	7	35	28	0	0	0	0
35	12	35	23	0.16430305	9.85818308	2365.96394	2.36596394
40	16.2	35	18.8	0.16251893	9.75113577	2340.27258	2.34027258
45	21.5	35	13.5	0.25191485	15.1148909	3627.57382	3.62757382
55	25	35	10	0.10486027	6.29161593	1509.98782	1.50998782
65	16	35	19	0	0	0	0
75	22.5	35	12.5	0.15792647	9.47558848	2274.14124	2.27414124



**Figura 23 A: Prueba de infiltración 10 mm/día, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala C.A.**

2.9.3 Anexo 3 Aforos de fuentes de agua, microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala C.A.

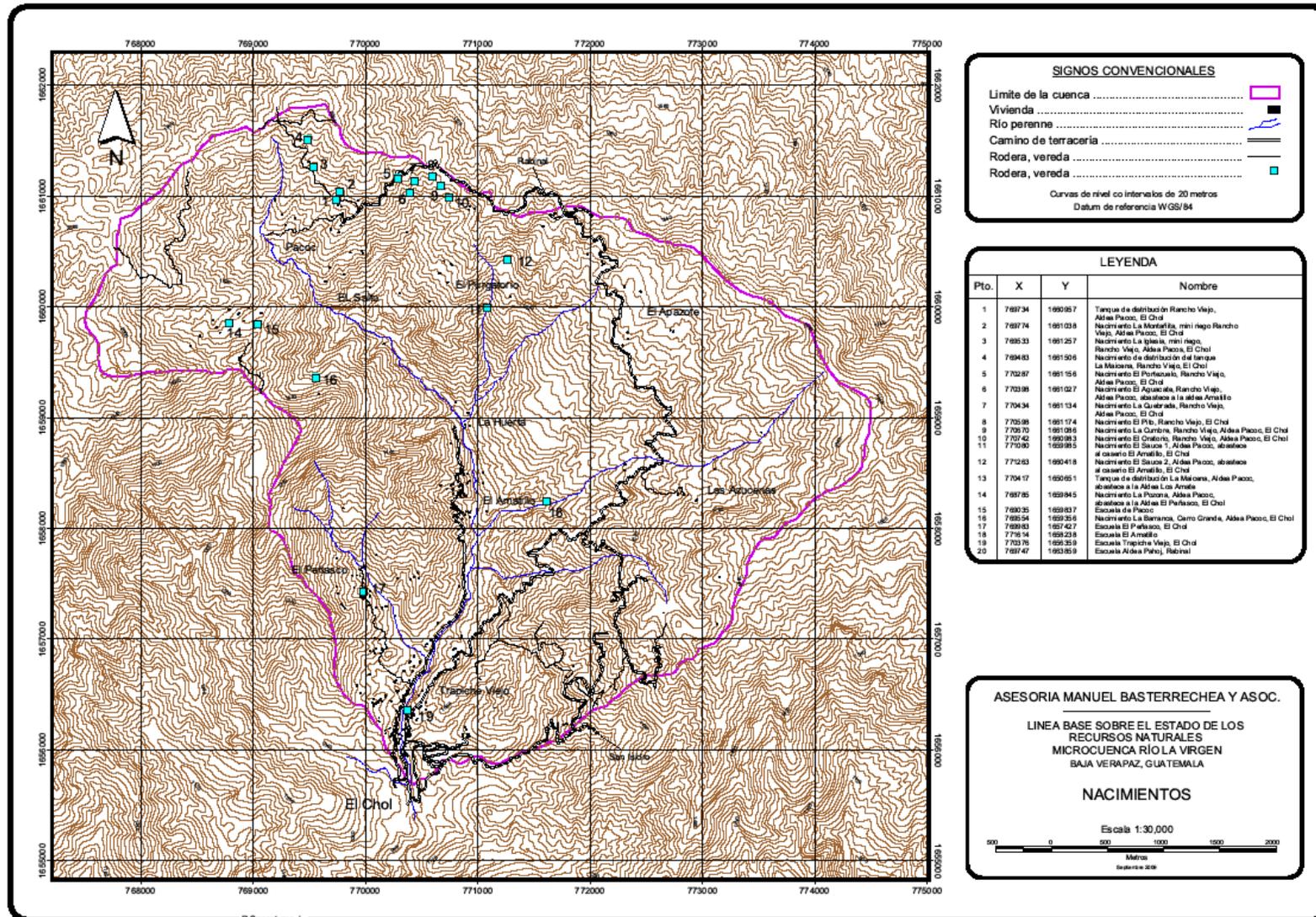


Figura 24 A: Mapa de Ubicación de fuentes de Agua de la microcuenca Río El Chol, Baja Verapaz, Guatemala C.A.







**d. Unidad de Muestreo: Chol Bosque, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.**

<b>BALANCE HÍDRICO DE SUELOS</b>														
<b>Unidad de mapeo 4</b>														
<b>Serie de Suelos Chol</b>														
<b>Sistema de Coordenadas</b>														
<b>X</b>							<b>Y</b>							
<b>770309</b>							<b>1653451</b>							
<b>Zona de Estudio:</b>	Microcuenca Río el Chol													
<b>Fecha:</b>	1 de marzo 2010													
<b>Textura de Suelo:</b>	Franco arenoso													
<b>Uso de Suelo</b>	Bosques													
<b>Simbología</b>														
fc: Capacidad de Infiltración.							P: Precipitación Media Mensual.							
I: Infiltración.							Pi: Precipitación que infiltra.							
CC: Capacidad de Campo.							ESC: Escorrentía Superficial							
PM: Punto de Marchitez.							ETP: Evapotranspiración Potencial.							
PR: Profundidad de Raíces.							ETR: Evapotranspiración Real.							
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.							HSi: Humedad de Suelo Inicial.							
DS: Densidad de Suelo.							HD: Humedad Disponible							
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR							HSf: Humedad de Suelo Final.							
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR							DCC: Déficit de Capacidad de Campo.							
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)							Rp: Recarga Potencial							
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)							NR: Necesidad de Riego.							
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración							Ret: Retención de lluvia							
fc [mm/d]	676.10													
Kp [0.01%]	0.06													
Kv [0.01%]	0.20						Por peso							
Kfc [0.01%]	0.913						(%)							
I [0.01%]	1.000						(mm)							
DS (g/cm <sup>3</sup> ):	0.85						CC		28.76		611.15			
PR (mm)	2500.00						PM		14.24		302.60			
HSi (mm)	611.10						(CC-PM)		14.52		308.55			
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11													
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20													

**Cuadro 56 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Chol Bosque, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.**

Concepto	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
P (mm)	193.9	16.6	2.8	4.2	1.9	27.2	13.3	120.6	300.6	187.5	156.7	218.5	1243.97
Ret [mm]	38.78	5.00	2.85	4.22	1.91	5.44	5.00	24.12	60.12	37.51	31.34	43.71	260.00
Pi (mm)	155.13	11.58	0.00	0.00	0.00	21.76	8.31	96.49	240.49	150.03	125.36	174.83	983.97
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	43.9824	42.5216	45.9754	45.85	41.1771	37.2729	55.7568	55.6226	54.8905	51.9711	53.6544	46.1463	574.82
HSi (mm)	611.15	611.15	582.34	543.76	510.59	484.68	483.31	460.54	515.30	611.15	611.10	611.15	
HD (mm)	463.68	320.13	279.74	241.16	207.99	203.84	189.01	254.43	453.19	458.58	433.86	483.38	
ETR (mm)	43.98	40.39	38.58	33.18	25.90	23.14	31.07	41.73	54.89	51.97	53.65	46.15	484.63
HSf (mm)	611.15	582.34	543.76	510.59	484.68	483.31	460.54	515.30	611.15	611.15	611.15	611.15	
DCC (mm)	0.00	28.81	67.39	100.56	126.47	127.84	150.61	95.85	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	111.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.75	98.06	71.65	128.69	499.29
NR (mm)	0.00	30.94	74.79	113.24	141.74	141.98	175.30	109.75	0.00	0.00	0.00	0.00	787.73

**e. Unidad de Muestreo: Chol Cultivo, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.**

<b>BALANCE HÍDRICO DE SUELOS</b>													
<b>Unidad de mapeo 5</b>													
<b>Serie de Suelos Chol</b>													
<b>Sistema de Coordenadas</b>													
<b>X</b>							<b>Y</b>						
<b>770545</b>							<b>1655505</b>						
<b>Zona de Estudio:</b>	Microcuenca Río el Chol												
<b>Fecha:</b>	1 de marzo 2010												
<b>Textura de Suelo:</b>	Franco arenoso												
<b>Uso de Suelo</b>	cultivos												
Simbología													
fc: Capacidad de Infiltración.	P: Precipitación Media Mensual.												
I: Infiltración.	Pi: Precipitación que infiltra.												
CC: Capacidad de Campo.	ESC: Escorrentía Superficial												
PM: Punto de Marchitez.	ETP: Evapotranspiración Potencial.												
PR: Profundidad de Raíces.	ETR: Evapotranspiración Real.												
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.	HSi: Humedad de Suelo Inicial.												
DS: Densidad de Suelo.	HD: Humedad Disponible												
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR	HSf: Humedad de Suelo Final.												
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR	DCC: Déficit de Capacidad de Campo.												
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)	Rp: Recarga Potencial												
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)	NR: Necesidad de Riego.												
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Ret: Retención de lluvia												
fc [mm/d]	389.20												
Kp [0.01%]	0.06												
Kv [0.01%]	0.10												
Kfc [0.01%]	0.809												
I [0.01%]	0.969												
DS (g/cm <sup>3</sup> ):	1.17												
PR (mm)	1600.00												
HSi (mm)	335.08												
Nº de mes con que inicia HSi:1,2,3...12?	11												
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12												
	Por peso												
	(%)(mm)												
	CC	17.90	335.09										
	PM	9.90	185.33										
	(CC-PM)	8.00	149.76										

**Cuadro 57 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Chol Cultivo, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.**

Concepto	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
P (mm)	205.4	20.5	2.5	5.2	2.3	26.0	13.9	136.5	360.3	205.1	120.3	240.0	1338.10
Ret [mm]	24.65	5.00	2.54	5.00	2.34	5.00	5.00	16.39	43.23	24.61	14.44	28.81	177.01
Pi (mm)	175.23	15.05	0.00	0.16	0.00	20.33	8.60	116.50	307.36	174.96	102.67	204.79	1125.65
ESC (mm)	5.52	0.47	0.00	0.01	0.00	0.64	0.27	3.67	9.68	5.51	3.23	6.45	35.44
ETP (mm)	42.7069	40.712	43.2441	43.97	39.3451	37.4335	52.664	53.044	52.2613	49.8	51.2595	44.7121	551.15
HSi (mm)	335.09	335.09	312.91	281.39	257.45	240.99	244.70	233.60	303.79	335.09	335.08	335.09	
HD (mm)	324.99	164.81	127.58	96.22	72.12	75.99	67.98	164.77	425.82	324.72	252.42	354.55	
ETR (mm)	42.71	37.22	31.52	24.10	16.46	16.62	19.70	46.31	52.26	49.80	51.26	44.71	432.68
HSf (mm)	335.09	312.91	281.39	257.45	240.99	244.70	233.60	303.79	335.09	335.09	335.09	335.09	
DCC (mm)	0.00	22.18	53.70	77.64	94.10	90.39	101.48	31.30	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	132.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	223.80	125.16	51.40	160.08	692.96
NR (mm)	0.00	25.66	65.42	97.50	116.99	111.20	134.45	38.03	0.00	0.00	0.00	0.00	589.25

**f. Unidad de Muestreo: Chol Bosques, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.**

<b>BALANCE HÍDRICO DE SUELOS</b>			
<b>Unidad de mapeo 6</b>			
<b>Serie de Suelos Chol</b>			
<b>Sistema de Coordenadas</b>			
<b>X</b>		<b>Y</b>	
<b>771332</b>		<b>1657524</b>	
<b>Zona de Estudio:</b>	Microcuenca Río el Chol		
<b>Fecha:</b>	1 de marzo 2010		
<b>Textura de Suelo:</b>	Franco arenoso		
<b>Uso de Suelo</b>	Pasto		
Simbología			
fc: Capacidad de Infiltración.			P: Precipitación Media Mensual.
I: Infiltración.			Pi: Precipitación que infiltra.
CC: Capacidad de Campo.			ESC: Escorrentía Superficial
PM: Punto de Marchitez.			ETP: Evapotranspiración Potencial.
PR: Profundidad de Raíces.			ETR: Evapotranspiración Real.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.			HSi: Humedad de Suelo Inicial.
DS: Densidad de Suelo.			HD: Humedad Disponible
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR			HSf: Humedad de Suelo Final.
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR			DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Kp: Factor por pendiente ( ver léame)			Rp: Recarga Potencial
Kv: Factor por vegetación ( ver léame)			NR: Necesidad de Riego.
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración			Ret: Retención de lluvia
fc [mm/d]	198.00		
Kp [0.01%]	0.06		
Kv [0.01%]	0.18		Por peso
Kfc [0.01%]	0.658		(%) (mm)
I [0.01%]	0.898		CC 16.64 262.08
DS (g/cm <sup>3</sup> ):	1.05		PM 8.43 132.77
PR (mm)	1500.00		(CC-PM) 8.21 129.31
HSi (mm)	262.00		
Nº de mes con que inicia HSi:1,2,3...12?	11		
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.12		

**Cuadro 58 A: Balance hídrico Unidad de muestreo Chol Bosques, Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz 2010, Guatemala, C.A.**

Concepto	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Total
P (mm)	204.8	20.3	2.6	5.1	2.3	26.0	13.8	135.7	357.3	204.2	122.2	239.0	1333.37
Ret [mm]	24.58	5.00	2.56	5.00	2.32	5.00	5.00	16.29	42.87	24.50	14.66	28.68	176.46
Pi (mm)	161.94	13.77	0.00	0.11	0.00	18.90	7.95	107.33	282.48	161.45	96.59	188.94	1039.45
ESC (mm)	18.30	1.56	0.00	0.01	0.00	2.14	0.90	12.13	31.92	18.24	10.91	21.35	117.45
ETP (mm)	42.731	40.7462	43.2956	44.00	39.3797	37.4305	52.7224	53.0927	52.3109	51.8504	51.3047	44.7392	553.61
HSi (mm)	262.08	262.08	239.35	209.64	188.01	173.75	177.82	168.57	230.87	262.08	262.00	262.08	
HD (mm)	291.25	143.07	106.58	76.97	55.24	59.88	53.00	143.13	380.58	290.76	225.82	318.25	
ETR (mm)	42.73	36.50	29.71	21.74	14.26	14.82	17.20	45.03	52.31	51.85	51.30	44.74	422.20
HSf (mm)	262.08	239.35	209.64	188.01	173.75	177.82	168.57	230.87	262.08	262.08	262.08	262.08	
DCC (mm)	0.00	22.73	52.44	74.07	88.33	84.26	93.51	31.21	0.00	0.00	0.00	0.00	
Rp (mm)	119.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	198.96	109.60	45.21	144.20	617.18
NR (mm)	0.00	26.98	66.02	96.34	113.45	106.86	129.03	39.27	0.00	0.00	0.00	0.00	577.95







### **3 CAPÍTULO III**

**SERVICIOS REALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ EL CHOL, BAJA  
VERAPAZ Y EN DEPARTAMENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS SAN ANDRÉS  
ITZAPA CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.**

:

### **3.1 PRESENTACIÓN**

El municipio de Santa Cruz el Chol, del departamento de Baja Verapaz presenta una problemática ambiental, en cuanto a la disminución de la cantidad y calidad de agua para consumo humano, merma de la productividad de los suelos cultivables, pérdida de ecosistemas y áreas boscosas, falta de interés de la población local por la conservación de los recursos para su manejo y recuperación, teniendo como consecuencia la pérdida irremediable de muchos recursos naturales, cerrando las opciones para una mejor calidad de vida de la población del municipio de Santa Cruz el Chol, por lo que se hace necesario desarrollar procedimientos que permitan conocer las áreas más vulnerables al cambio climático a fin de caracterizarlas, definir prioridades y formular directrices de desarrollo en dichas áreas que promuevan el uso sostenido de los recursos naturales.

Debido a la falta de información en la municipalidad del municipio de Santa Cruz el Chol es difícil ubicar áreas potenciales de aprovechamiento de recursos naturales, es por esto que se generó una base cartográfica general del municipio la cual incluye mapas de zonas de vida, serie de suelos, centros poblados, cuerpos de agua, además se generó al mapa de uso de la tierra 2009 y se actualizó el mapa de intensidad de uso de la tierra, toda la información generada se elaboró en el programa Software de GIS mediante información generada por el MAGA, estos mapas se entregaron en formato digital y físico, para poder acceder a esta información y que los mapas elaborados tengan funcionalidad, ya que muchas veces no se puede acceder a las bases de datos generadas.

### **3.1.1 Servicio: Actualización del mapa de capacidad de uso de la tierra del Municipio de Santa Cruz el Chol Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

#### **A. Objetivos**

##### a. Objetivo general

- Elaborar el estudio de capacidad de uso de la tierra según metodología INAB del municipio de Granados Baja Verapaz.

##### b. Objetivo específico

- Determinar las categorías de capacidades de uso de la tierra del municipio de Granados Baja Verapaz.
- Determinar la intensidad de uso de la tierra del municipio de Granados Baja Verapaz.

#### **B. Metodología**

La metodología a utilizar es la adoptada por el Instituto Nacional de Bosques –INAB -, para la clasificación de tierras por capacidad de uso, se definen dos fases de gabinete y una de campo las que se presentan a continuación.

##### a. Primera fase de gabinete

- Recopilación y análisis de información biofísica sobre el área

Se realizó con la finalidad de conocer generalidades del area en cuanto a aspectos de localización geográfica, ubicación política, acceso, extensión, clima, vegetación, recursos hídricos entre otros.

- Elaboración del mapa de unidades fisiográficas

La delimitación de unidades fisiograficas se obtuvo a travez de analisis de paisaje con la utilización de sistemas de informacion geográfica, tomando estas como unidades de mapeo.

- Elaboración del mapa de pendientes

La pendiente se obtuvo del análisis de curva de nivel a través de la hoja cartografica, utilizando plantillas de pendientes, con las clases de pendiente según la region natural tierras metamorficas.

- Mapa de uso actual de la tierra

El mapa de uso actual de la tierra se realizó con la utilización de la Ortofotos 1:20,000 año 2006 a través del análisis con sistemas de información geográfica, delimitando las áreas de igual uso nombrandolas en base a la leyenda de uso de la tierra de las categorías adecuadas por el Ing. Agr. Gilberto Daniel Alvarado Cabrera, Facultad de Agronomía, USAC, leyenda propuesta por la Unión Geográfica Internacional- UGI - y el contenido de otras leyendas del uso de la tierra utilizadas en nuestro medio. Las nueve categorías del uso de la tierra propuestas por la Unión Geográfica Internacional –UGI-.

b. Fase de campo

- Verificación de los límites de las unidades de mapeo, mapas de pendiente, y uso de la tierra.

Mediante caminamientos, observaciones visuales, se verificaron los límites de las unidades de mapeo corrigiendolos en campo, para el mapa de pendientes, se realizaron mediciones en campo de las pendientes máximas en las unidades previamente definidas en gabinete, con el propósito de corroborar y hacer los ajustes correspondientes. Utilizó clinómetro para las mediciones en campo.

Para el mapa de cobertura y uso de la tierra se procedió a las verificaciones y/o modificaciones de las unidades de cobertura y uso de la tierra predominante en cada una de las unidades, definidas en la primera fase de gabinete, esto a través de los caminamientos y observaciones que se realizaron.

- Determinación de profundidades de suelos y factores modificadores

Profundidad efectiva

Para la toma de las profundidades efectivas se realizaron barrenamientos en cada unidad fisiográfica tomando tres muestras por cada unidad.

Observación de la pedregosidad

La pedregosidad se tomó por cada unidad de muestreo el procedimiento es observar la superficie del lugar para determinar la presencia o ausencia de materiales de grava (0.045 metros de diámetro) sobre la superficie del suelo, en casos donde fue posible se determinó con lecturas de perfiles.

Medición de drenaje.

Para la medición de drenaje se observó el color del suelo, la textura y la velocidad de infiltración del agua así como también encharcamientos en el área, esto por cada unidad de muestreo.

c. Segunda fase de gabinete

- Elaboración del mapa de capacidad de uso

Con la ayuda de las matrices de la region natural tierras metamórficas, se procedió a interceptar los datos de profundidad y pendiente, del terreno, se les asignó una categoría preliminar de capacidad de uso, luego se sobrepusieron los factores modificadores, teniendo drenaje y pedregosidad utilizando la tabla de factores modificadores para obtener la capacidad de uso final.

- Elaboración del mapa de intensidad de uso

Se transpuso el mapa generadó de capacidad de uso y uso actual de la tierra en donde se identificó si existe uso correcto un sobreuso o se subutiliza esto según la potencialidad de la tierra.

## C. Resultados

a. Capacidad de uso de la Tierra municipio Santa Cruz el Chol

Como se observa en el cuadro 62 el municipio tiene un alto potencial en cuanto a producción forestal, debido a que un 47.4% del área del municipio que corresponde a 6353 hectáreas, en el caso del municipio se recomienda la reforestación con pinus oocarpa.

El municipio de Santa Cruz el Chol es viable la explotación del recurso bosque en las zonas indicadas en la figura 23, pero es importante realizar planes de manejo forestal que permitan una extracción de madera sustentable y rentable para los pobladores locales. Debido a las condiciones del municipio pendiente, profundidad del suelo, pedregosidad, hacen propicia la producción forestal, pero es importante,

delimitar zonas de protección de fuentes de agua, en las cuales no exista extracción de manera.

En cuanto a cultivos anuales, el municipio tiene también un alto potencial ya que el 50% del municipio que corresponde a un área de 6977 hectáreas tiene una capacidad de uso de agricultura con mejoras, esto quiere decir que es necesario asociar los cultivos tradicionales con sistemas agroforestales o con estructuras de conservación de suelos, de esta manera se puede optimar el aprovechamiento del recurso suelo.

**Cuadro 62: Capacidad de uso del suelo del municipio el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

<b>Capacidad de Uso</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
Agricultura sin limitaciones	180	1.3%
Agricultura con mejoras	6977	50.6%
Bosques forestales para producción	6533	47.4%
Bosque forestales para protección	87	0.6%
<b>Total</b>	<b>13777</b>	<b>100.0%</b>

b. Intensidad de uso de la tierra

En cuanto a la intensidad de uso de la tierra se puede observar en el cuadro inferior que un 71% del municipio esta en sub-uso que corresponde a 9771 hectáreas, esto quiere decir que no se esta utilizando el recurso suelo en todo su potencial y que de alguna manera las prácticas actuales, están mermando el recurso suelo y provocando que a través del tiempo sea menos productivo por lo que su explotación no es sustentable, esta característica es típica de zonas deforestadas que son medianamente fértiles para un producción intensiva de cultivos anuales (figura 24).

En cuanto a las zonas de uso correcto, estas corresponden a los bosques mixtos que están en la parte del cerro Tunkaj que poseen cobertura forestal esto representa el 26% del municipio con un área de 3590 ha

para estas zonas es necesario aplicarles un manejo adecuado en cuanto a reforestaciones y extracciones forestales.

El municipio Santa Cruz el Chol presenta una intensidad de uso “sobre-uso” con un área de 416 ha y corresponde a un 3% del municipio, son zonas que presentan un uso del suelo de cultivos anuales en partes donde el uso potencial son bosques para la producción, estas zonas se encuentran en riesgo de degradación ya que su uso potencial no corresponde al actual.

**Cuadro 63: Intensidad de uso de la tierra, Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

<b>Intensidad de Uso de le Tierra</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
SOBRE USO	416	3.02%
SUB USO	9771	70.92%
USO CORRECTO	3590	26.06%
<b>Total</b>	<b>13777</b>	<b>100.00%</b>

#### **D. Evaluación:**

El cumplimiento de las metas se midió, en la generación del mapa de capacidad de uso de la tierra empleando la metodología para clasificación de tierras por capacidad de uso del Instituto Nacional de Bosque, la cual se cumplió con éxito.

### **3.1.2 Servicio: Generación de la Base Cartográfica del municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

#### **A. Objetivos**

##### **a. Objetivo general**

Elaborar la base cartográfica del municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz con la finalidad de proporcionar una herramienta de planificación para la ejecución de proyectos que tengan un impacto a los recursos existentes en el área.

##### **b. Objetivo específicos:**

- Proporcionar una herramienta de planificación municipal con la utilización de bases cartográficas.
- Dar a conocer las características climáticas y biofísicas a través de herramientas cartográficas del municipio de Granados, Baja Verapaz.

#### **B. Metodología**

##### **a. Seleccionar las capas a utilizar**

Se seleccionaron las capas a utilizar siendo:

- Cuerpos de Agua
- Centros Poblados
- Serie de Suelos
- Zonas de Vida
- Geología
- Capacidad de uso según USDA
- Intensidad de Uso
- Cobertura

Las capas utilizadas son las generadas por el Instituto Geográfico Nacional IGN, a escala 1:250,000, sistema de coordenadas sexagesimales WGS 84, por el Instituto Nacional de Bosques escala 1:250,000 y 1:50,000, Sistema de Información Geográfica -SIG- de la Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgos –UPGGR- del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-.

b. Traslape de las capas con el límite del municipio

Se realizó el traslape del límite municipal con las capas para poder extraer la información contenida en ellas, esto a través de la herramienta de extracción de información del Arcmap 9.2, clip, herramienta que permite el corte de vectores en general. Esta se encuentra accensando al índice general de herramienta, dentro de la ventana de Arcmap, en el icono de extracción, la que accesa a los clip siguiendo el procedimiento de extracción.

c. Sistemas de proyecciones

Se proyectaron los clip obtenidos con el sistema de coordenadas, sexagesimales proyectadas para Guatemala GTM

### C. Resultados

a. Mapa de red hidrológica y área del cerro tunkaj

En total en el municipio existen 23 cuerpos de agua con una longitud total de 167625 metros lineales. Los cuales se muestran en el cuadro 64.

**Cuadro 64: Cuerpos de agua del Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

	<b>Cuerpo de Agua</b>	<b>Tipo de Corriente</b>	<b>Longitud de corriente (m)</b>
1	Río lo de reyes	continua	2339
		efímera	12245
2	Río Motagua	continua	3569
		efímera	1520
3	Río Suchicul	continua	2849
		efímera	4030
4	Río Agua Caliente	continua	13091
		efímera	8165
5	Quebrada Grande	efímera	7167
	Río los Gabilanes	continua	552

6		efímeras	2841
7	Quebrada Agua Tibia	continua	1182
		efímeras	1936
8	Río San Pedro	continua	4984
		efímeras	4826
9	Quebrada Santa Lucia	continua	1802
10	Quebrada Susequeque	efímera	14430
11	Río la Virgen	continua	4532
		efímera	5619
12	Quebrada el Hato	continua	2914
13	Quebrada el Penasco	continua	2770
		efímera	3021
14	Río Chiquito	continua	3983
		efímera	3924
15	Río el Chol	continua	5266
17	Quebrada el tablmeito	continua	1514
18	Quebrada Santa Lucia	continua	5918
		efímera	11072
19	Quebrada el Carrizal	continua	3726
20	Quebrada el Aguacate	continua	3101
		efímera	15831
21	Río Agua Tibia	continua	100
22	Río cancul	continua	2282
		efímera	3456
23	Río Pamacal	continua	275
		efímera	793
<b>Total de corrientes</b>			<b>167,625</b>

En cuanto al área del municipio de Santa Cruz el Chol en el que se encuentra el Cerro Tunkaj es de 35.50 hectáreas

## b. Mapa de poblados

El municipio cuenta con 62 zonas pobladas, de las cuales 9 son aldeas, 47 son caseríos y 7 son fincas privadas, estos se muestran en el cuadro 65.

**Cuadro 65: Centros poblados del Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

Numero	Centro Poblado	Categoria
1	PACOC	ALDEA
2	EL APAZOTE	ALDEA
3	LA CONCEPCION	ALDEA
4	AGUA CALIENTE	ALDEA
5	LOS AMATES	ALDEA
6	LOS LOCHUYES	ALDEA
7	OJO DE AGUA	ALDEA
8	LOS JOBOS	ALDEA
9	LO DE REYES	ALDEA
10	RANCHO BEJUCO	CASERIO
11	EL PURGATORIO	CASERIO
12	CUMBRE DEL CHOL	CASERIO
13	PLAN GRANDE	CASERIO
14	LA HUERTA	CASERIO
15	YASCAP	CASERIO
16	BALAMCHE	CASERIO
17	LAS AZUCENAS	CASERIO
18	PATZICIA	CASERIO
19	EL AMATILLO	CASERIO
20	QUEBRADA CHIQUITA	CASERIO
21	EL GUACHIPILIN	CASERIO
22	EL PEÑASCO	CASERIO
23	EL ENCINO	CASERIO
24	LO DE ORREGO	CASERIO
25	SAN ISIDRO	CASERIO
26	SAN NICOLAS	CASERIO
27	PLAN DE ROBLES	CASERIO
28	CHUMUMUS	CASERIO
29	SANTA LUCIA EL PUEBLO	CASERIO
30	LAS PILITAS	CASERIO

31	SAN FRANCISCO	CASERIO
32	EL ZARZALITO	CASERIO
33	EL TABLONCITO	CASERIO
34	CASAS VIEJAS	CASERIO
35	LAS TROJAS	CASERIO
36	EL CIRUELILLO	CASERIO
37	LOS LIMONES	CASERIO
38	EL AGUACATE	CASERIO
39	LOS GAVILANES	CASERIO
40	POCO	CASERIO
41	LA CIENEGA	CASERIO
42	AGUA TIBIA	CASERIO
43	LAS VAINILLAS	CASERIO
44	CAULOTES	CASERIO
45	TRAPICHITO VIEJO	CASERIO
46	SAN PEDRO	CASERIO
47	LAS CUEVAS	CASERIO
48	LAS COLMENAS	CASERIO
49	RANCHO SENTADO	CASERIO
50	LAS ESCOBAS	CASERIO
51	CHUPADERO	CASERIO
52	LAS GOLONDRINAS	CASERIO
53	LAS BURRAS	CASERIO
54	LOS ENCUENTROS	CASERIO
55	POTRERITOS	CASERIO
56	VEGAS DE LAS HAMACAS	CASERIO
57	LAS CAÑAS	FINCA
58	EL PLATANAR	FINCA
59	EL CARRIZAL	FINCA
60	EL SURQUEADO	FINCA
61	EL ESCORPION	FINCA
62	LOS QUEQUEXQUES	FINCA

### c. Mapa serie de suelos

Según la serie de suelos de Simmons, el municipio de Santa Cruz el Chol presenta los siguientes suelos, el mapa se presenta en figura 20, la descripción se presenta en el cuadro 66.

**Cuadro 66: Serie de suelos según Simmons del municipio de Santa Cruz El Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

<b>SERIE</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
Marajuma	4323	31.38%
Chol	4615	33.50%
Acasaguastlan	3968	28.80%
Salama	871	6.32%
<b>Total</b>	<b>13777</b>	<b>100.00%</b>

- Marajuma: (Mj.) el material originario es de esquistos de relieve escarpado con buen drenaje, color superficial café oscuro, textura superficial franco limoso y subsuperficial de Franco limoso a arcilla micacea color café rojizo, profundidad efectiva de 100 cm, con un pH ácido con alto riesgo de erosión.
- Chol: (Chg) material originario de esquistos, la altitud es de 900 a 1800 msnm, relieve muy inclinado, drenaje interno excesivo, color superficial café, café grisáceo, café amarillento, a café rojizo, textura superficial franco arenosa, gravosa a franco arcilloso arenosa, textura subsuperficial franco arcilla gravosa, color de café a café rojizo profundidad efectiva de 40 con pH muy ácido.
- Acasaguastlan: (Ac) material originario roca serpentinita, altitud de 300 a 900, relieve ondulado a inclinado con buen drenaje interno, color rojizo oscuro, textura superficial franco arcilloso, textura subsuperficial arcilla o franco arcilloso, color subsuperficial café rojizo con profundidad efectiva de 40 cm, pH neutro, riesgo de erosión alto.
- Salamá: (SI) material originario de ceniza volcánica panacea, relieve casi plano a ondulado, drenaje interno excesivo, color café o café grisáceo, textura superficial franco arenosa fina, textura subsuperficial franco arenoso fina color café amarillento o café amarillento claro, profundidad efectiva 50, pH neutro, riesgo de erosión regular.

d. Mapa capacidad de uso

Según el mapa de capacidad de uso metodología INAB , el municipio de Santa Cruz el Chol, presenta las siguientes capacidades de uso y sus distribuciones en área son las siguientes. (Figura 21)

e. Zonas de vida

El Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz como se presenta en el mapa de zonas de vida figura 21 A en el mapa presenta 4 zonas de vida y se detallan en el cuadro 67

**Cuadro 67: Zonas de Vida del Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

Zona de Vida		Área (ha)	Porcentaje
bh-MB	Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	659	4.8%
bmh-S(f)	Bosque muy húmedo Subtropical ( frío )	3700	26.9%
bh-S(t)	Bosque húmedo Subtropical ( templado )	7524	54.6%
bs-S	Bosque seco Subtropical	1894	13.7%
<b>Total</b>		<b>13777</b>	<b>100.0%</b>

- Bosque húmedo montano bajo subtropical: bh-MB, inicia a una altitud en torno de los 1,750 msnm. Para la zona de estudio puede definirse que ocupa el estrato latitudinal entre los 1,500 msnm. y 2,000 msnm. Presenta características de vegetación parecidas a las del bosque húmedo pre-montano, con algunas variantes. Las especies indicadoras reportadas por De La Cruz en general para la zona de vida incluyen varios Pinos (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*, *Pinus tecunumani*). Así también se define como especie indicadora de la zona de vida a Ciprés común (*Cupressus lusitánica*) y diferentes especies del genero *Quercus*.

- Bosque húmedo subtropical (templado): bh-S (t), esta zona de vida se caracteriza por presentar un patrón de lluvias estacionales que van de mayo a noviembre, variando en intensidad según la situación orográfica. Altitudinalmente podría ubicarse entre los 700 y 1,500 msnm. aunque se marca bien sus características a partir de los 1,000 msnm. Las especies indicadoras son el Pino Colorado (*Pinus oocarpa*), Lengua de vaca (*Curatella americana*), Roble (*Quercus* sp.) y Nance (*Byrsonima crassifolia*). El uso apropiado en general para esta zona de vida es forestal con algunos bolsones de tierra con potencial para ganadería vacuna.
- Bosque muy húmedo subtropical (frío) bmh-S(f), presenta una estación lluviosa un tanto más prolongada, quizá como resultado de la altitud que permite una mayor condensación de humedad, la cual conduce a una mayor disponibilidad de humedad a lo largo del año. Las especies indicadoras incluyen *Pinus pseudostrobus* y Liquidámbar entre las más notables. Presenta condiciones de uso apropiadas para manejo forestal, con baja intensidad de extracción a manera de garantizar una cobertura arbórea permanente; es posible en algunas partes practicar ganadería lechera.
- Bosque seco subtropical: bs-S, se presenta en un relieve de plano a ligeramente accidentado. La estación seca es marcadamente larga, en promedio alrededor de 8 meses. Entre las especies naturales consideradas como indicadoras de esta zona se tienen a *Cochlospermum vitifolium*, *Sabal mexicana*, *Ceiba aesculifolia* y *Albizia caribaea*. En esta zona de vida es posible practicar una agricultura intensiva con diferentes cultivos hortícolas y frutícolas si se cuenta con riego.

f. Mapa de uso del Suelo 2009.

El Mapa de Uso del Suelo muestra que el 0.9% del municipio cuenta con bosques latifoliados y estos corresponden a los bosques de ribera que se encuentran en la parte sur del municipio, en cuanto a los bosques mixtos estos ocupan un 33.6% de área total que corresponde a 4635 hectáreas, estos se encuentran en todo el

municipio y son asociaciones de Pino-Encino que se encuentran en la parte baja y media del municipio, también existen asociaciones de Pino-Liquidambar, que se encuentran en el área del cerro Tunkaj, que se ubica al norte del municipio.

En cuanto a bosque secundario, son remanentes de bosques que se utilizan en la actualidad como zonas de pastoreo o como área de resinación a muerte de pido, por lo que es un bosque degradado que representa el 58.7% del área total del municipio que corresponde a un área de 8084 hectáreas.

Los cultivos anuales representan una pequeña porción del municipio y corresponde a un 6.8% del municipio con un área total de 935 hectáreas.

**Cuadro 68: Uso del suelo 2009 del municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

<b>USO DEL SUELO 2009</b>	<b>AREA (HA)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
BOSQUE LATIFOLIADO	123	0.9%
BOSQUE MIXTO	4635	33.6%
BOSQUE SECUNDARIO	8084	58.7%
CULTIVOS ANUALES	935	6.8%
<b>TOTAL</b>	<b>13777</b>	<b>100.0%</b>

#### **D. Evaluación**

La evaluación se midió con el cumplimiento de los objetivos trazados, los cuales se alcanzaron con éxito, ya que se generó la base cartográfica la cual contiene los mapas temáticos del municipio, que pueden ser utilizados como herramienta de planificación estratégica para el manejo de recursos naturales renovables.

### **3.1.3 Servicio: Capacitación de 15 productores en la elaboración y construcción de acequias de infiltración con barreras vivas en el municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala C.A.**

#### **A. Objetivos**

##### **a. General**

Construcción y capacitación de 15 productores en la elaboración de estructuras de conservación de suelos.

##### **b. Específicos**

- Capacitar a 15 productores en la elaboración y uso del nivel tipo "A".
- Capacitar a 15 productores en el trazo de curvas a nivel
- Enseñar a 15 productores la construcción de acequias de infiltración en curvas a nivel.

#### **B. Metodología**

Para la selección de los productores se eligió un área la cual tenga una fisiografía quebrada, para la cual se seleccionó la aldea san Rafael del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, el cual presenta terrenos con pendientes que van arriba del 35% por lo que son suelos susceptibles a la erosión laminar, pro efecto de la escorrentía; es por esto que es necesario enseñar al productor en cuanto a la protección de sus suelos, la desventaja de la construcción de acequias de infiltración es que por cuerda se pierden aproximadamente 99 metros de surco de trabajo, por lo que se debe justificar la construcción de estas estructuras.

Los pasos de la capacitación fueron los siguientes:

- Se explicó al productor la manera en que la lluvia causa erosión por medio de la escorrentía en terrenos que están bajo cultivos anuales.
- Utilizando un poco de fertilizante granulado se diluyo en agua y se explico que la lluvia tiene el mismo efecto en los nutrientes aplicados y que la escorrentía formada por la lluvia lava el fertilizante, por lo que se hizo

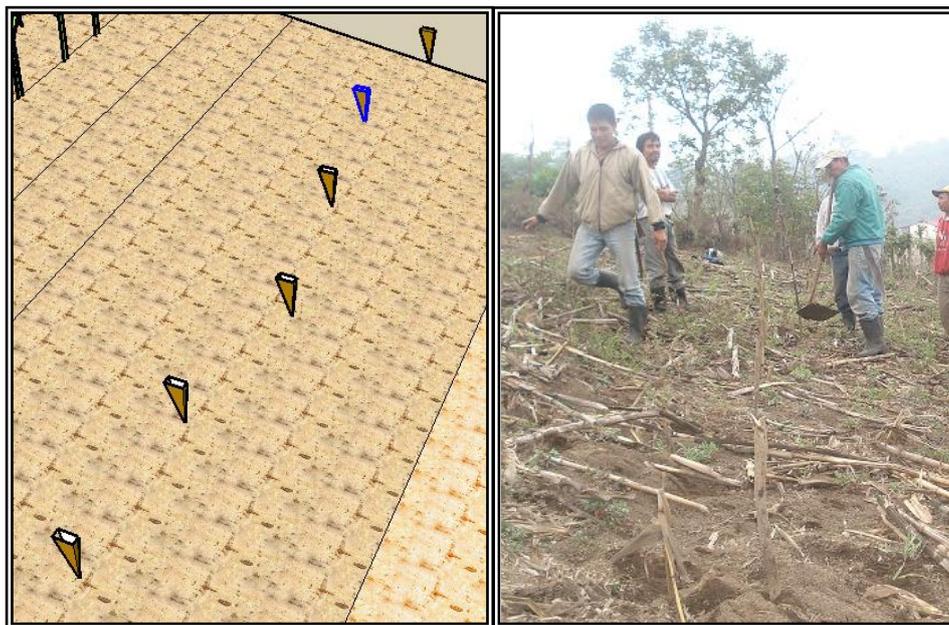
referencia a que si se construía la acequia todos los productos aplicados quedaban en esta zanja y la cuerda de terreno se asía de esta forma mas productiva, de esta manera de justifico la perdida de 3 surcos por cuerda.

- Se procedió a la elaboración del nivel tipo “A”, para lo cual se utilizaron dos reglas de 200 cm y una de 100 cm, un peso y una cuerda de 150 cm aproximadamente. y se elaboró una estructura como lo indica la figura 25.



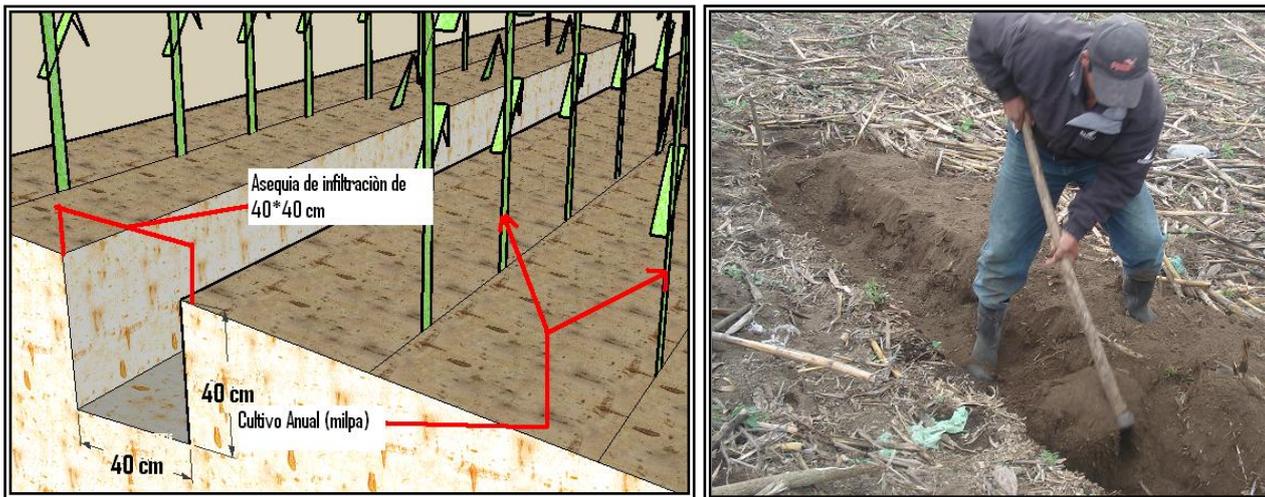
**Figura 25 : Elaboración de nivel en A**

- Después de construido el nivel tipo A se procedió a calibrarlo, para esto se coloco el nivel de manera perpendicular a la pendiente y se colocó y se realizó una marca en donde indicaba la plomada, se realizo el mismo procedimiento de los dos lados del nivel, por lo que la regla perpendicular al terreno quedo con dos marcas, con esto se midió la distancia entre las dos marcas y se marcó la mitad, esta marca indica entonces el nivel del terreno.
- Se procedió a delimitar las curvas a nivel del terreno, para esto se colocó el aparato en el terreno y se movió asta que el plomo quedara sobre la marca realizada que indica el nivel del terreno; en cada una de las patas del nivel se colocó una estaca y se realizo el mismo procedimiento a lo largo de todo el terreno.



**Figura 26: Trazado de curvas a nivel.**

- Después de puestas las estacas se procede se explica a los productores que algunas muestran un comportamiento errático (figura 26) por lo que es necesario suavizar la curva, para esto se observaron las estacas que estaban fuera de la curva y se alinearon conforme las otras estacas.
- Después de trazadas las curvas se procede a la construcción de las acequias de infiltración, las medidas que tiene la acequia son de 40\*40 cm y se explica al productor que esta medida corresponde al ancho de un azadón o dos cuartas de la mano.
- Para elaboración de las zanjas se utiliza azadón y se sigue el trazado de la curva a nivel.



**Figura 27 : Construcciones de estructura de conservación de suelos**

- Finalmente se explica a los productores el mantenimiento de las acequias después de cada lluvia y se recalca la importancia del mantenimiento de los terrenos.

### C. Resultados

#### a. Primera reunión:

Se realizó la presentación a los agricultores teniendo la asistencia de 15 agricultores, además de la presentación se llevo a cabo una fase de preguntas y respuestas.

#### b. Segunda reunión

Se realizó la demostración de la construcción de nivel en A, se trazó y se realizó la acequia de infiltración, capacitando a 15 agricultores, en la primera capacitación.

#### c. Realización de las acequias de infiltración.

Se realizaron estructuras de conservación en los terrenos de 15 agricultores con la realización de acequias de infiltración con barrera viva.

### **3.2 CONCLUSIONES**

Se actualizó el mapa de capacidad de uso de la tierra del municipio de Santa Cruz el Chol y se estimó que un 1.3% del municipio es apto para agricultura intensiva, por lo que es necesario promover la producción forestal y agroforestal para evitar la degradación del suelo y regular el ciclo hidrológico del agua, teniendo menos variaciones del caudal de manantiales que abastecen a casco municipal, también se generó mapa de uso de la tierra del municipio de Santa Cruz el Chol, este demuestra una alta deforestación, ya que más del 50% del municipio cuenta con bosques remanentes, que constan básicamente de árboles dispersos que no tienen ningún uso comercial, la zona boscosa del municipio cuenta con asociaciones de bosque pino encino, en algunos casos existe Liquidambar, esta zona es de importancia debido a la regulación hidrológica de la zona donde se encuentran 29 manantiales.

Se logró proporcionar a la Municipalidad de Santa Cruz el Chol una herramienta de planificación tomando representando las características del suelo, bosque y agua a través de la base cartográfica presentada a escala 1:50000, obtenida de la base de datos del Instituto de Información Geográfica IGN, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- y el Instituto Nacional de Bosques..

A través del apoyo proporcionado a la Unidad Especial de Ejecución de Desarrollo de Cuencas Hidrográficas UEEDICH, se logró capacitar a 15 agricultores en el municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango en el trazado de curvas a nivel con el nivel tipo A, y en la construcción de acequias de infiltración, demostrando a los agricultores la utilidad de este tipo de práctica, mostrando lo productores afinidad y explicando ellos sus experiencias en el mal trazado de curvas y en como las lluvias afectan sus terrenos.

### **3.3 RECOMENDACIONES**

Se recomienda la utilización de este proyecto como herramienta base de planificación municipal, para la implementación de planes de manejo de recursos naturales.

### 3.4 BIBLIOGRAFÍA

1. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
2. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. XI censo nacional de población y VI de habitación. Guatemala. 1 CD.
3. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.
4. \_\_\_\_\_. 2004. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala a escala 1:250,000. Guatemala. 1 CD.

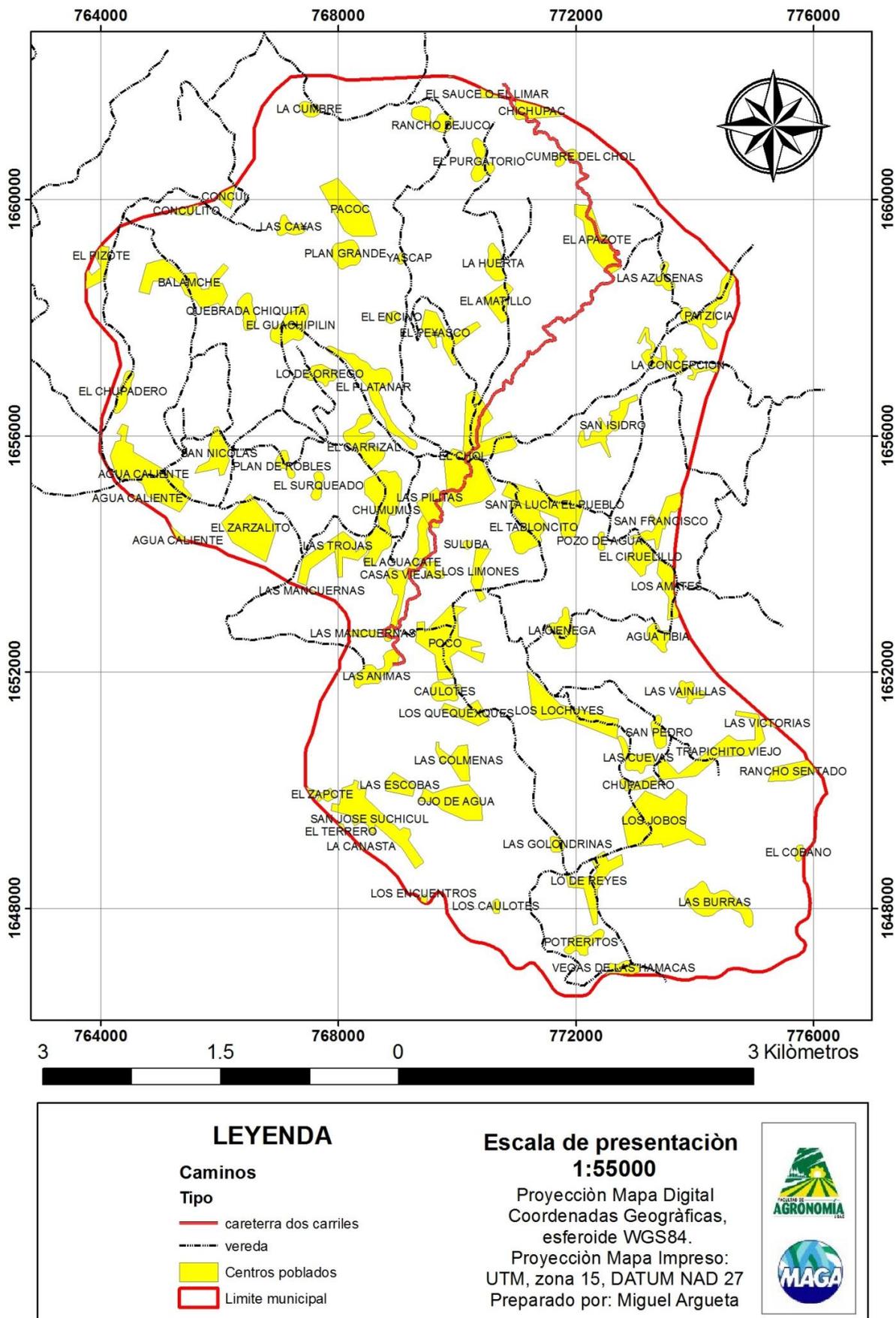


Vo. Bo. Rolando Barrios.

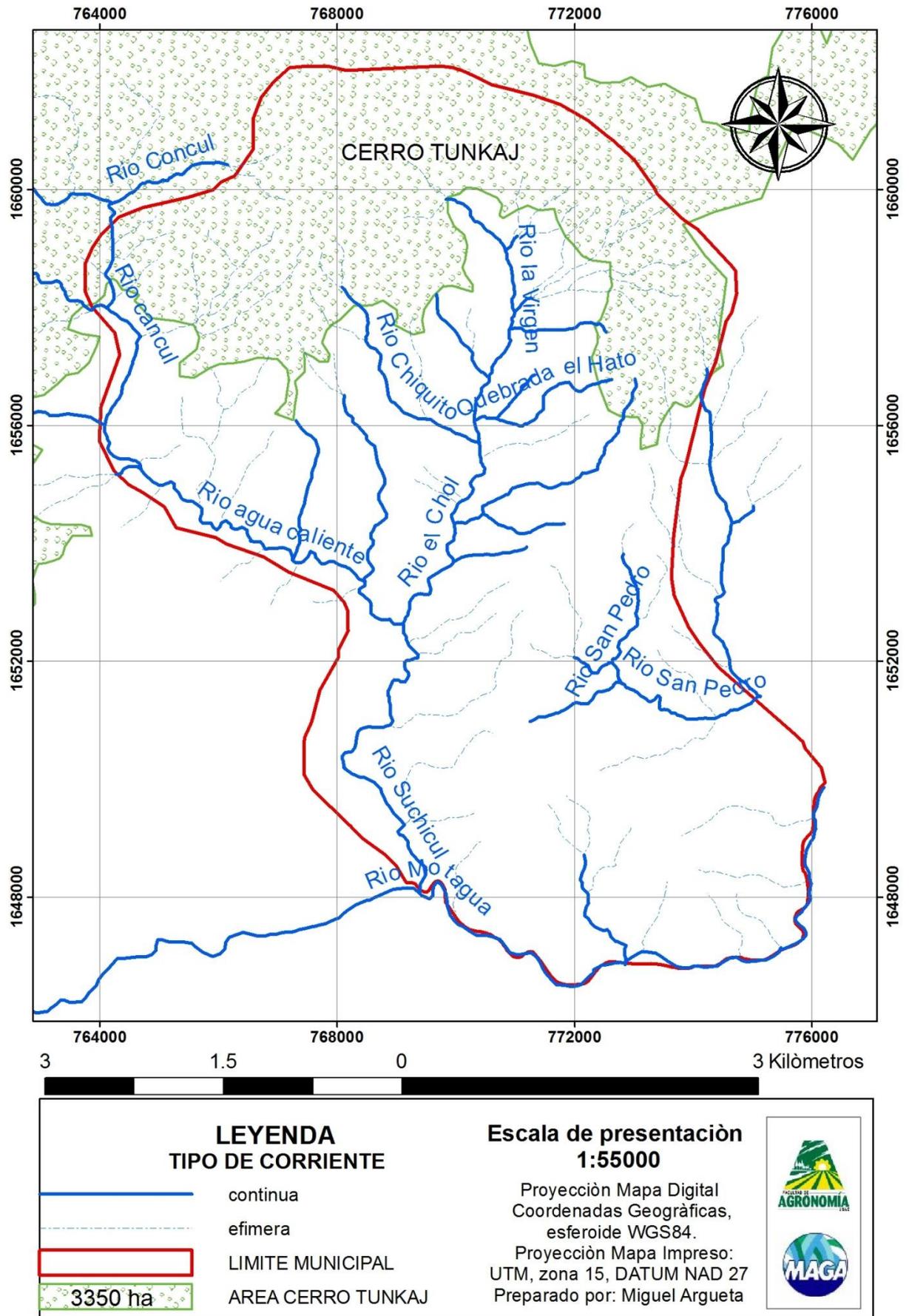
### 3.5 ANEXOS



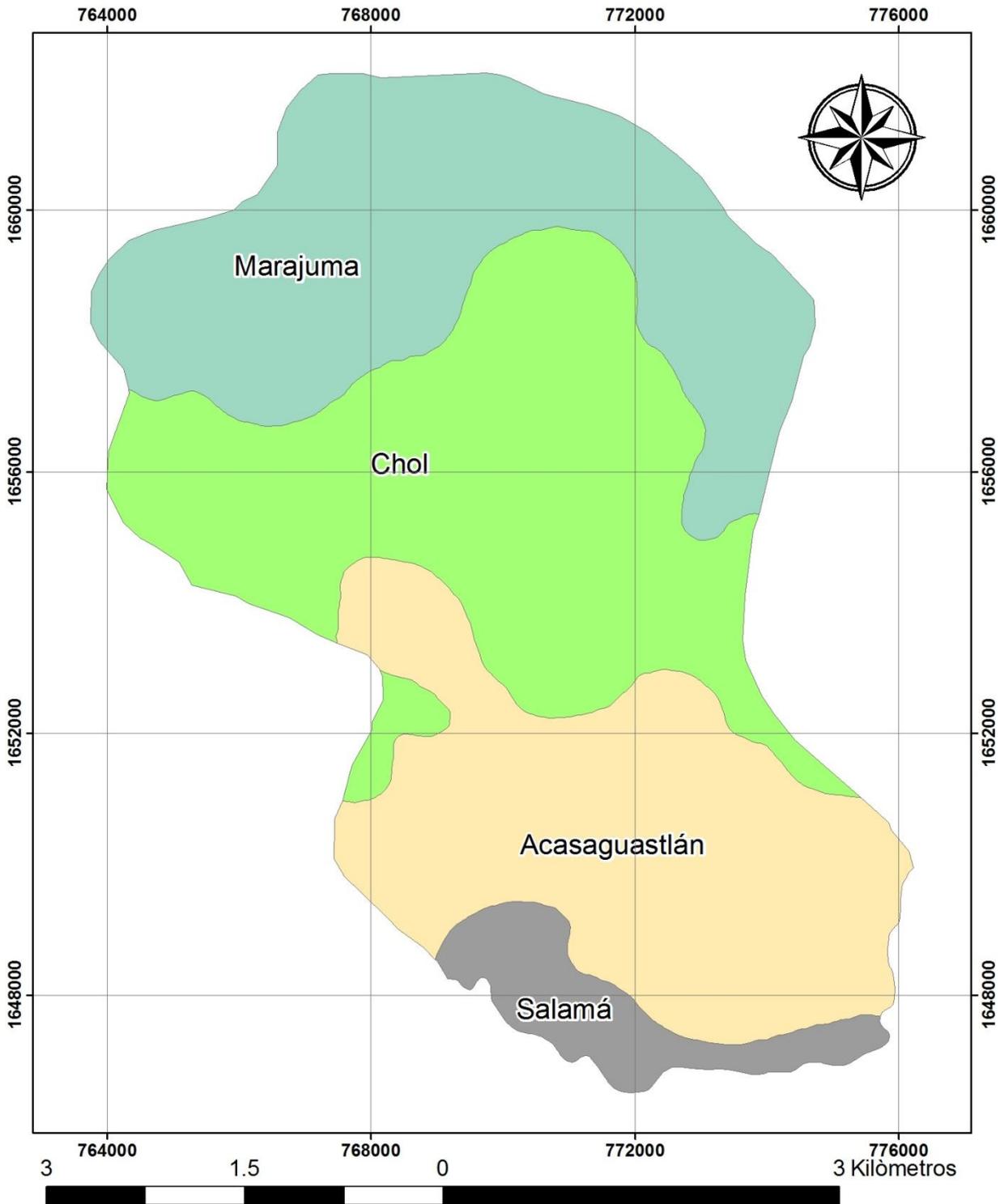
**Figura 28 A: Grupo de productores capacitados**



**Figura 29 A: Mapa Base Municipio de Santa Cruz el Chol Baja Verapaz, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**



**Figura 30 A: Mapa de cuerpos de Agua del Municipio de Santa Cruz el Chol Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**



LEYENDA			
SERIE	Area (ha)	Porcentaje	
	Marajuma	4323	31.38%
	Chol	4615	33.50%
	Acasaguastlan	3968	28.80%
	Salama	871	6.32%
	<b>Total</b>	<b>13777</b>	<b>100.00%</b>

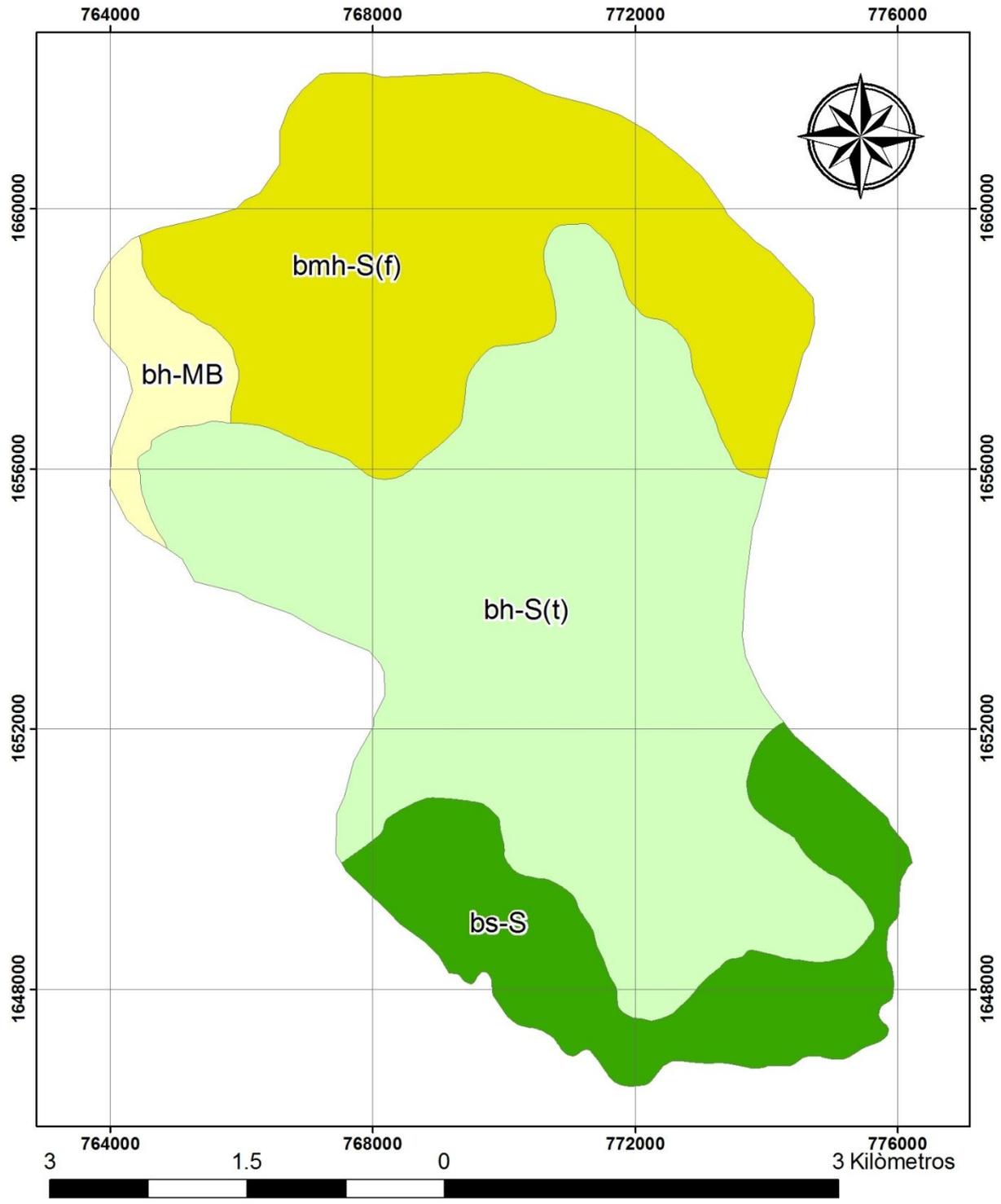
**Escala de presentaciòn**  
**1:55000**

Proyecciòn Mapa Digital  
 Coordenadas Geogràficas,  
 esferoide WGS84.

Proyecciòn Mapa Impreso:  
 UTM, zona 15, DATUM NAD 27  
 Preparado por: Miguel Argueta




**Figura 31 A: Mapa de serie de suelos Municipio de Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**



Zona de Vida		Area (ha)	Porcentaje
	bh-MB	659	4.8%
	bmh-S(f)	3700	26.9%
	bh-S(t)	7524	54.6%
	bs-S	1894	13.7%
<b>Total</b>		<b>13777</b>	<b>100.0%</b>

**LEYENDA**

**Escala de presentación 1:55000**

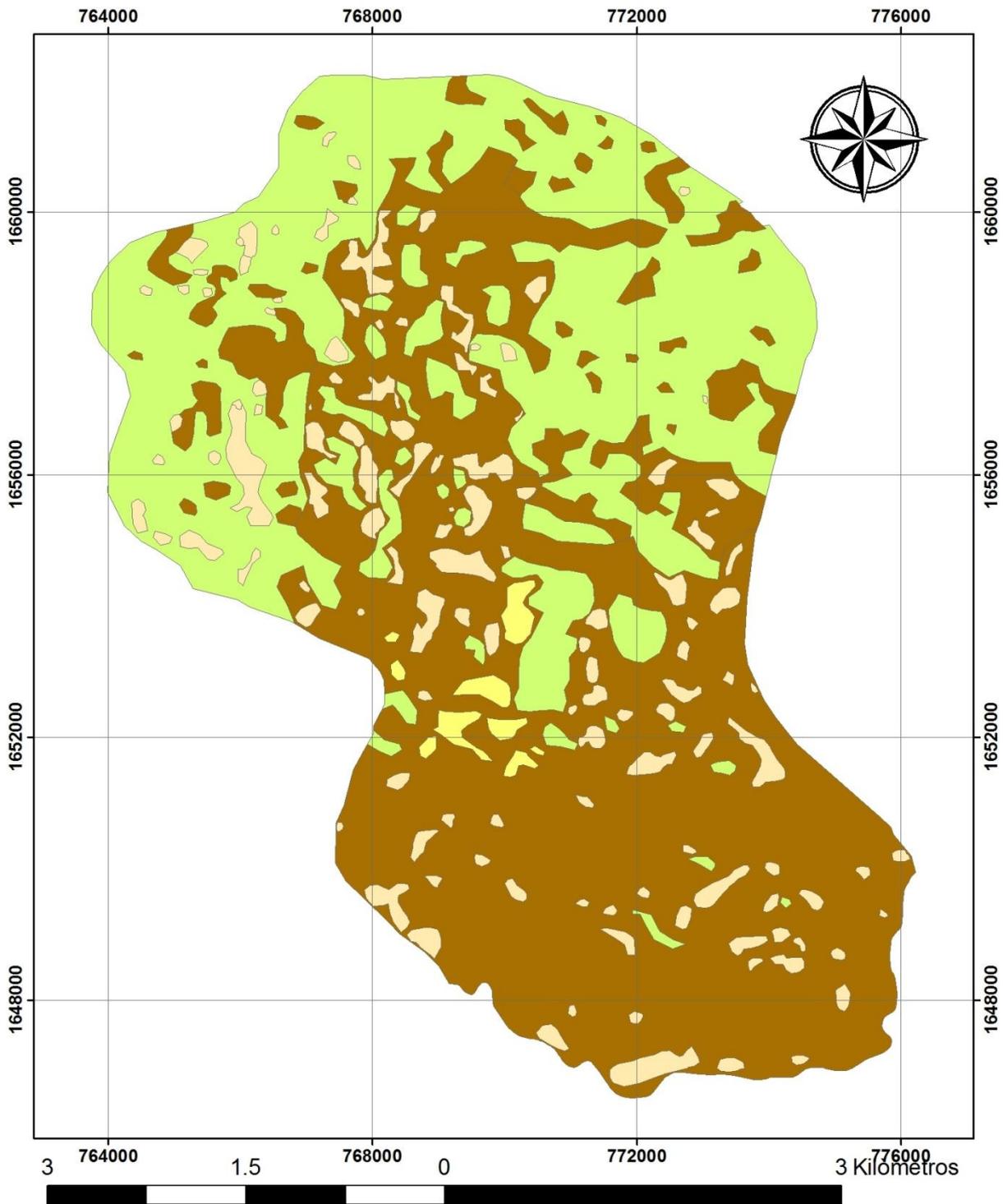
Proyección Mapa Digital  
 Coordenadas Geográficas,  
 esferoide WGS84.

Proyección Mapa Impreso:  
 UTM, zona 15, DATUM NAD 27

Preparado por: Miguel Argueta



**Figura 32 A: Mapa de zonas de vida del municipio San Cruz el Chol, , Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**

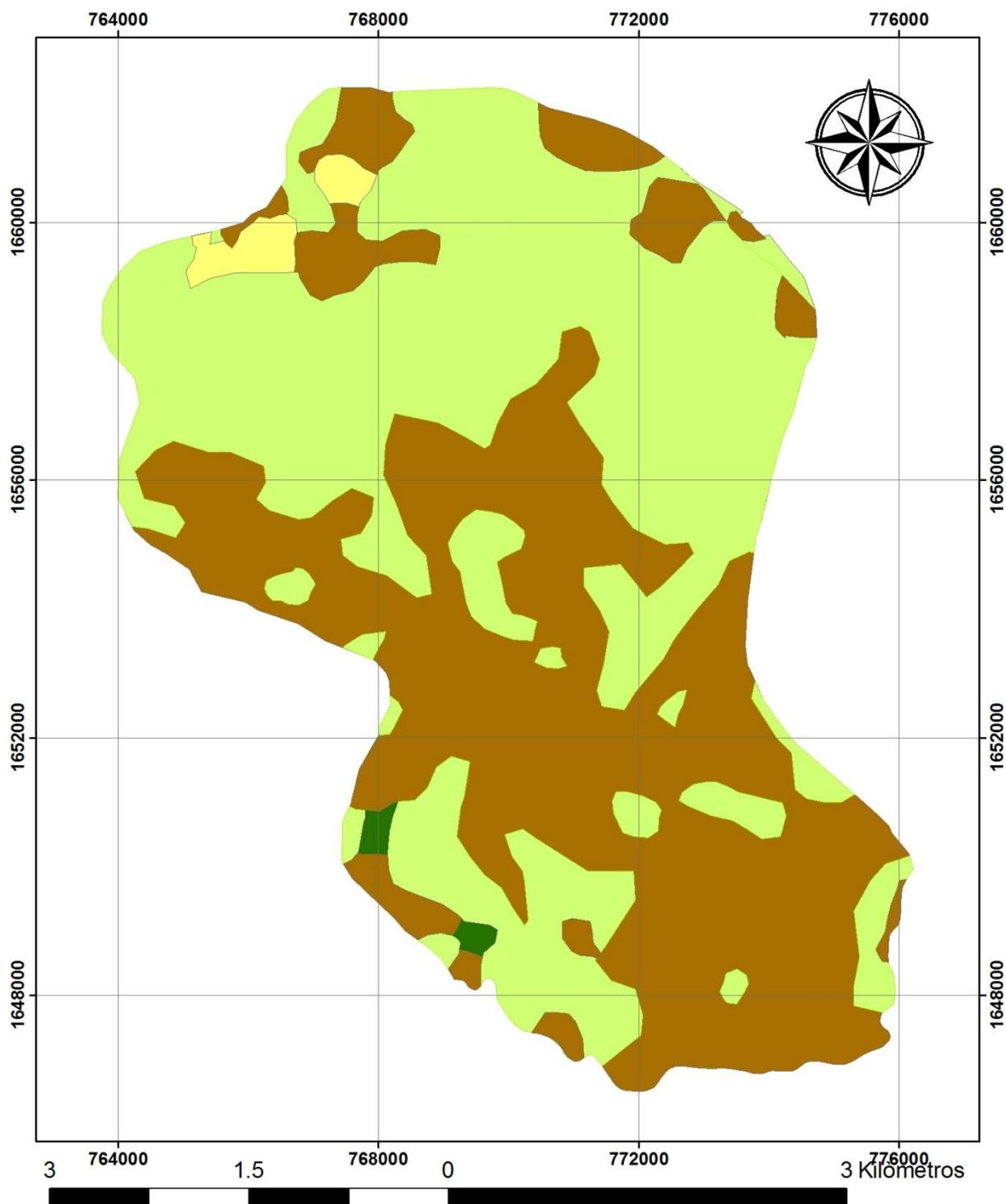


LEYENDA			
USO DE LA TIERRA	AREA (HA)	PORCENTAJE	
	BOSQUE LATIFOLIADO	123	0.9%
	BOSQUE MIXTO	4635	33.6%
	BOSQUE SECUNDARIO	8084	58.7%
	CULTIVOS ANUALES	935	6.8%
	<b>TOTAL</b>	<b>13777</b>	<b>100.0%</b>

**Escala de presentación**  
**1:55000**  
 Proyección Mapa Digital  
 Coordenadas Geográficas,  
 esferoide WGS84.  
 Proyección Mapa Impreso:  
 UTM, zona 15, DATUM NAD 27  
 Preparado por: Miguel Argueta



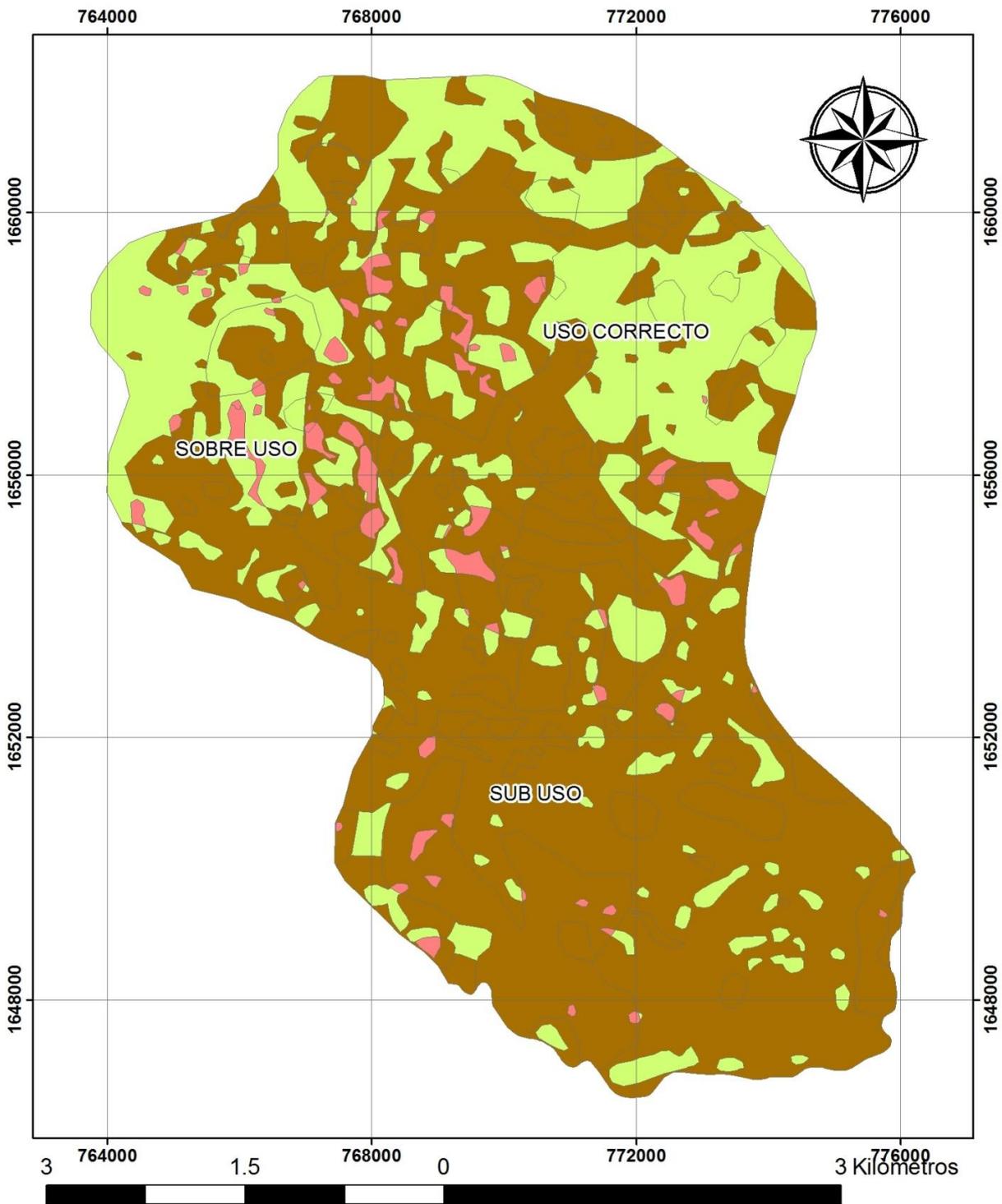
**Figura 33 A: Mapa de uso de la tierra municipio Santa Cruz el Chol 2009, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**



LEYENDA			
Capacidad de Uso	Area (ha)	Porcentaje	
 A	180	1.3%	<b>Escala de presentación</b> <b>1:55000</b> Proyección Mapa Digital Coordenadas Geográficas, esferoide WGS84. Proyección Mapa Impreso: UTM, zona 15, DATUM NAD 27 Preparado por: Miguel Argueta
 Aa	6977	50.6%	
 F	6533	47.4%	
 Fp	87	0.6%	
Total	13777	100.0%	



**Figura 34 A: Mapa de capacidad de uso de la tierra municipio Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**



LEYENDA			
Intensidad de Uso de la Tierra	Area (ha)	Porcentaje	
	SOBRE USO	416	3.02%
	SUB USO	9771	70.92%
	USO CORRECTO	3590	26.06%
	<b>Total</b>	<b>13777</b>	<b>100.00%</b>

**Escala de presentación 1:55000**

Proyección Mapa Digital  
 Coordenadas Geográficas,  
 esferoide WGS84.

Proyección Mapa Impreso:  
 UTM, zona 15, DATUM NAD 27

Preparado por: Miguel Argueta

**Figura 35 A: Mapa intensidad de uso de la tierra municipio Santa Cruz el Chol, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.**