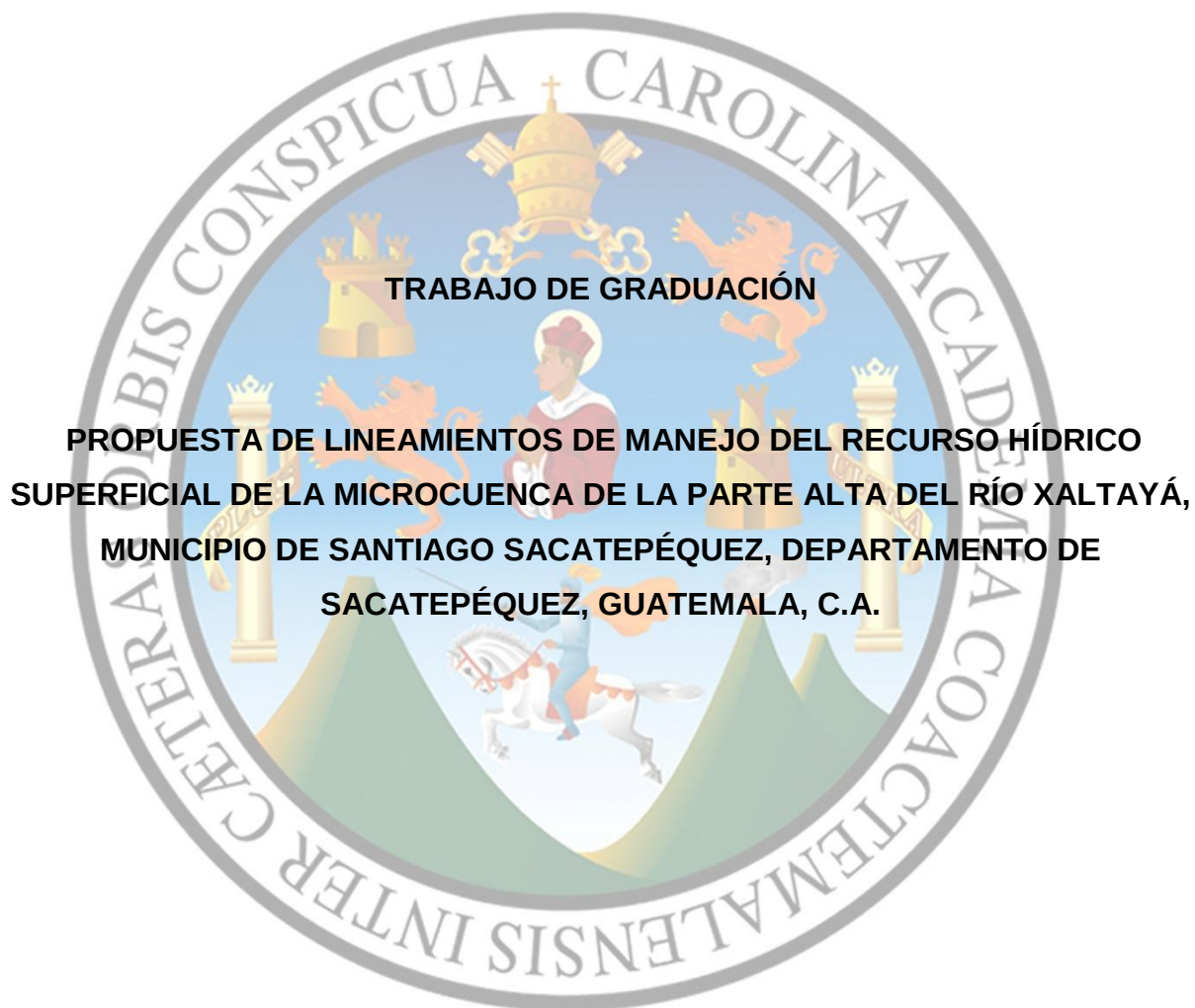


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES
ÁREA INTEGRADA



CARLOS DAVID AROCHE QUEVEDO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO
SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DE LA PARTE ALTA DEL RÍO XALTAYÁ,
MUNICIPIO DE SANTIAGO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

CARLOS DAVID AROCHE QUEVEDO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL PRIMERO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M. A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

Guatemala, octubre de 2020

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

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 titulado: **PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DE LA PARTE ALTA DEL RÍO XALTAYÁ, MUNICIPIO DE SANTIAGO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Carlos David Aroche Quevedo

ACTO QUE DEDICO Y DE GRADUACIÓN

A:

DIOS: Por su inmenso amor y grandes bendiciones para mí persona y familia.

MIS PADRES: Gloria Magali Quevedo Paiz
Carlos Humberto Aroche Navarajo
Gracias madre que con gran amor y dulzura me apoyaste incondicionalmente hasta el fin de mi carrera profesional. Esta es una pequeña recompensa para tu esfuerzo y sacrificios.

MIS HERMANOS: Wilson Geovani Aroche Quevedo, Sindy Magali Aroche Quevedo, Alex Quevedo, Monce Quevedo.
Como ejemplo y motivación a seguir sus estudios.

MI ESPOSA: Lorena Alfaro Cuellar
Un agradecimiento por su amor, paciencia y apoyo moral e incondicional en el trayecto de mi formación.

MI HIJO: David Alejandro Aroche Alfaro
Ser ejemplo de perseverancia y lucha por los sueños y objetivos trazados.

MIS ABUELOS: Mario Alfonso Quevedo Pineda (Q.E.P.D.)
Carmela Pais Castro
Vidalía Navarajo
Por su apoyo y ejemplo de vida en especial a mi abuelo "Papamayo" a quien dedico esta celebración quien se nos adelantó y se fue con el sueño de ver a un hijo ingeniero agrónomo, luche para que su sueño se hiciera realidad pero la vida no nos alcanzó.

MI FAMILIA: A mis tíos, tías, primos, primas, sobrina, cuñados y cuñadas, concuños, suegra y suegro, gracias por su cariño y apoyo incondicional.

MIS AMIGOS: Diego Pineda Barrientos, Samuel Camey, Kristal García, Carlos Tum, Roberto Pérez, por acompañarme en todo el proceso de aprendizaje en la gloriosa Facultad de Agronomía.

AGRADECIMIENTOS

A:

LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA:

Por darme el honor de pertenecer a esta casa de estudios

LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA:

Por formarme con valores y conciencia social que contribuirá con el desarrollo del país y el bienestar de sus habitantes a través de la aplicación de los conocimientos en las ciencias ambientales.

MI MADRE:

Por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi carrera, siendo mi motivación para avanzar cada vez más en la culminación de mi formación profesional.

MI DOCENTE – ASESOR
EPS:

Dra. Ligia Maribel Monterroso de Rodríguez,
Gracias por su dedicación, tiempo y confianza depositada en mí, en todo el proceso del EPS, muchas gracias.

MI ASESOR ESPECÍFICO:

Dr. Marvin Salguero
Por su valioso apoyo y aportaciones realizadas en mi investigación.

MI EVALUADOR IIA:

Ing. Hugo Tobías,
Por su apoyo en el fortalecimiento de mi investigación.

AL MINISTERIO DE
AMBIENTE Y RECURSOS
NATURALES:

Dr. Sydney Samuels, por todo el apoyo brindado y a mis compañeros del DRHyC, en especial a Inga. Flor Solórzano, Licda. Sofía Morales Navarro, Lic. Olivia Orellana, Ing. Adolfo Macario, y al Ing. Néstor Francisco Fajardo por su apoyo incondicional y amistad, durante el desarrollo del EPS. Además un merecido agradecimiento al Ing. Gustavo Adolfo Fabián Grijalva, por su apoyo al momento de retomar mis estudios.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y CUENCAS, ADSCRITA A LA DIRECCIÓN DE CUENCAS Y PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES –MARN–, UBICADO EN 7 AVENIDA 03-67, ZONA 13, CIUDAD GUATEMALA.

	Página
1 PRESENTACIÓN	3
2 JUSTIFICACIÓN	4
3 MARCO REFERENCIAL	5
3.1 Generalidades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	5
3.2 Ubicación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	6
3.3 Organigrama Funcional, 2016	7
3.4 Gestiones en el entorno del recursos hídricos y cuencas dentro de las competencias del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	8
3.4.1 Historia	8
3.4.2 Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático	9
3.4.3 Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos	9
3.4.4 Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	9
3.4.5 Manual Administrativo del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	10
3.4.6 Funciones del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas	10
3.4.7 Organigrama del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas	11
3.4.8 Área de acción del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas	11
4 OBJETIVOS	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos	13
5 METODOLOGÍA.....	14
5.1 Observación	14
5.2 Análisis de documentos y base de datos	14
5.3 Conversaciones con el personal del DRHyC.....	14

	Página
5.4 Participación en actividades.....	14
5.5 Análisis de la información	14
6 RESULTADOS.....	15
6.1 Medios con los que cuenta el personal del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.	15
6.2 Actividades que realiza el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	16
6.3 Divisiones internas administrativas del DRHyC	16
6.3.1 Área de calidad del agua	16
6.3.2 Área de cuencas y área social	17
6.4 Resultados obtenidos en el período 2015-2016 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	18
6.4.1 Calidad del agua	18
6.4.2 Cuencas hidrográficas	21
6.4.3 Capacitaciones	22
6.5 Resultados obtenidos en el período 2016-2017 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	22
6.6 Resultados obtenidos en el período 2017-2018 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	23
6.6.1 Área de calidad del agua	23
6.6.2 Área de cuencas	24
6.6.3 Área de capacitaciones.....	24
6.7 Resultados obtenidos en el período 2018-2019 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	24
6.7.1 Área de calidad del agua	24
6.7.2 Área de cuencas	25
6.7.3 Área de capacitaciones.....	25
6.8 Análisis de una muestra representativa de 274 expedientes de entes generadores de aguas residuales aperturado del 2010 al 2017	25
6.8.1 Cuerpos receptores de aguas residuales.....	26
6.8.2 Tipos de aguas residuales que descargan los entes generadores	27
6.8.3 Cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.....	27

6.8.4 Incumplimiento de parámetros con mas recurrencia al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.....	29
6.8.5 Cumplimiento de las municipalidades al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006	30
6.9 Análisis FODA para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.	31
7 CONCLUSIONES.....	32
8 RECOMENDACIONES	34
9 BIBLIOGRAFÍA	35
10 ANEXOS	37
10.1 Croquis del área asignada al Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas	37
10.2 Área de trabajo del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas	38
10.3 Acuerdo Ministerial No. 8-2017	39

CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DE LA PARTE ALTA DEL RÍO XALTAYÁ, MUNICIPIO DE SANTIAGO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

1 PRESENTACIÓN	45
2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	46
3 MARCO TEÓRICO.....	47
3.1 Marco Conceptual	47
3.1.1 Recurso hídrico en Guatemala.....	47
3.1.2 Problemas de deterioro del recurso hídrico en Guatemala	47
3.1.3 Gestión integradal del recurso hídrico (GIRH).....	48
3.1.4 Caracterización y diagnóstico de una cuenca	49
3.1.5 Plan de manejo de cuencas	49
3.1.6 Manejo de cuencas	50
3.2 Cuenca hidrográfica	51
3.2.1 La cuenca como sistema.....	51

	Página
3.2.2 Definición de cuenca hidrográfica	51
3.2.3 Parte aguas.....	52
3.2.4 Microcuenca hidrográfica	52
3.2.5 Componentes socioeconómicos	52
3.2.6 Componentes biofísicos.....	53
3.2.7 Uso de la tierra.....	53
3.2.8 Capacidad de uso de la tierra	53
3.2.9 Caracterización de suelos.....	54
3.2.10 Intensidad del uso de la tierra	55
3.3 Aspectos morfométricos.....	55
3.3.1 Delimitación de la cuenca	56
3.3.2 Identificación de corrientes	56
3.3.3 Aspectos lineales de la cuenca.....	57
3.3.4 Aspectos de superficie	59
3.3.5 Aspectos de relieve.....	62
3.3.6 Recurso hídrico	64
3.3.7 Sistemas de información geográfica	69
3.3.8 Diagnóstico y línea base de un plan de manejo de cuencas	69
3.4 MARCO REFERENCIAL.....	72
3.4.1 Antecedentes	72
3.4.2 Descripción del área de estudio de la parte alta de la microcuenca del río Xaltayá.....	72
3.4.3 Características socioeconómicas.....	74
3.4.4 Aspectos biofísicos	79
4 OBJETIVOS.....	90
4.1 Objetivo general.....	90
4.2 Objetivos específicos	90
5 METODOLOGÍA	91
5.1 Enumeración y descripción de los aspectos socioeconómicos y caracterización de los aspectos biofísicos en la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.....	91
5.1.1 Etapa inicial de gabinete	91

	Página
5.1.2 Etapa de campo	91
5.1.3 Etapa final de gabinete	92
5.2 Caracterizar el recurso hídrico superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.	92
5.2.1 Etapa inicial de gabinete	92
5.2.2 Fase de campo.....	93
5.2.3 Fase final de gabinete	96
5.2.4 Integración de la información	98
5.2.5 Resultados y discusión de resultados de la caracterización.....	98
5.2.6 Diagnóstico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	98
5.2.7 Lineamientos para el plan de manejo del recurso hídrico superficial	98
5.2.8 Redacción del documento de investigación.	98
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	99
6.1 Aspectos socioeconómicos dentro de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.	99
6.1.1 Aspectos generales obtenidos en las encuestas realizadas	99
6.1.2 Población (usuarios del agua)	99
6.1.3 Crecimiento poblacional	100
6.1.4 Desarrollo humano dentro de la microcuenca.....	100
6.1.5 Nacidos vivos en los años del 2001 al 2015.....	100
6.1.6 Grupo étnico.....	100
6.1.7 Organizaciones	101
6.1.8 Comités relacionados con el recurso hídrico	101
6.1.9 Migración.....	102
6.1.10 Costumbres y tradiciones	102
6.1.11 Salud	103
6.1.12 Educación.....	103
6.1.13 Alfabetización	103
6.1.14 Desarrollo urbano	103
6.1.15 Viviendas.....	104
6.1.16 Usuarios del agua	104

	Página
6.1.17 Actividades económicas.....	107
6.1.18 Tenencia de la tierra	108
6.1.19 Manejo de los desechos sólidos	108
6.2 Aspectos biofísicos	111
6.2.1 Uso de la tierra 2018.....	111
6.2.2 Capacidad de uso de la tierra	114
6.2.3 Intensidad del uso de la tierra	116
6.2.4 Fauna.....	116
6.2.5 El recurso hídrico en la microcuenca	119
6.3 Caracterización del recurso hídrico superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.	125
6.3.1 Caracterización morfométrica de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.....	125
6.3.2 Determinación de aspectos de superficie de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	126
6.3.3 Determinación de aspectos de relieve de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	126
6.3.4 Calidad del agua superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.....	129
6.3.5 Balance hidrológico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	131
6.4 Análisis del FODA.....	146
6.4.1 Problemáticas identificadas	147
6.5 Lineamientos del plan de manejo de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	148
6.5.1 Propuesta de programas y proyectos	148
7 CONCLUSIONES	156
8 RECOMENDACIONES	158
9 BIBLIOGRAFÍA.....	159
10 ANEXO	162
10.1 Encuesta Socioeconómica.....	162

CAPÍTULO III. SERVICIOS PRESTADOS EN EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y CUENCAS, ADSCRITA A LA DIRECCIÓN DE CUENCAS Y PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES –MARN–.

	Página
1 PRESENTACIÓN	165
2 MARCO REFERENCIAL	166
2.1 Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.	166
2.1.1 Reformas al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.	167
2.2 Acuerdo Ministerial No. 105-2008, Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos.	168
2.3 Acuerdo Ministerial No. 335-2016, Normas para promover la gestión integrada de cuencas a través de la creación y operación del inventario de usuarios del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de la República de Guatemala.	168
3 SERVICIOS REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y CUENCAS	169
3.1 Servicio 1. Desarrollo de actividades que contribuyan al mejoramiento progresivo de la calidad del recurso hídrico aplicando la normativa vigente y la generación de registros de fuentes de agua.	169
3.1.1 Objetivos	169
3.1.2 Metodología.....	169
3.1.3 Resultados	170
3.1.4 Evaluación.....	179
3.2 Servicio 2. Sensibilización con temas de conservación y protección del recurso hídrico y cuencas hidrográficas, dirigido a estudiantes, técnicos vinculados con el recurso hídrico y cuencas, así como apoyo a la plataforma de educadores ambientales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	180
3.2.1 Objetivo	180
3.2.2 Metodología.....	180
3.2.3 Resultados	181

	Página
3.2.4 Evaluación	183
3.3 Servicio 3. Propuesta de actualización del manual interno de toma de muestra de aguas residuales del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	184
3.3.1 Objetivos	184
3.3.2 Metodología	184
3.3.3 Resultados	184
3.3.4 Evaluación	185
3.4 Servicio 4. Lineamientos de propuesta de actualización del proceso administrativo de los expedientes de entes generadores y administradores de aguas residuales que se encuentran en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.	186
3.4.1 Objetivos	186
3.4.2 Metodología	186
3.4.3 Resultados	188
3.4.4 Evaluación	189
4 BIBLIOGRAFÍA	190

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	6
Figura 2. Organigrama de funciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	7
Figura 3. Organigrama del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.....	11
Figura 4. Departamentos de Guatemala en donde se realizaron monitoreos a entes generadores, en el año 2015.	19
Figura 5. Estado de entes generadores en cumplimiento con la normativa.....	20
Figura 6. Parámetros de más incidencia en incumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 en el año 2015.....	21
Figura 7. Mapa de ubicación de la muestra de 274 expedientes de entes generadores de aguas residuales	26

	Página
Figura 8. Puntos de descarga de aguas residuales	26
Figura 9. Tipo de agua residual que descargan según la muestra.....	27
Figura 10. Nivel de cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006	28
Figura 11. Incumplimiento de parámetros con más recurrencia del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.....	29
Figura 12. Distribución del área de trabajo del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas	37
Figura 13. Área de monitoreo.....	38
Figura 14. Área de calidad del agua.....	38
Figura 15. Jefatura	38
Figura 16. Área de monitoreo.....	38
Figura 17. Curva hipsométrica	64
Figura 18. Ubicación geográfica de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	73
Figura 19. Centros poblados dentro de la microcuenca.	75
Figura 20. Mapa geológico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	80
Figura 21. Mapa hidrológico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	82
Figura 22. Mapa clasificación climática metodología de Thornthwaite.....	83
Figura 23. Mapa de áreas protegidas.....	86
Figura 24. Mapa fisiográfico	87
Figura 25. Mapa de clasificación taxonómica de los suelos, USDA	88
Figura 26. Mapa de relieve de la microcuenca.....	89
Figura 27. Ubicación de los puntos de aforo y toma de muestra en la microcuenca.....	95
Figura 28. Mapa urbano de la microcuenca	106
Figura 29. Cultivos anuales de hortalizas en la microcuenca.....	107
Figura 30. Botaderos no autorizados identificados dentro de la microcuenca.....	109
Figura 31. Mapa de identificación de botaderos de basura no autorizados	110
Figura 32. Mapa de uso de la tierra, 2018.....	112
Figura 33. Mapa de capacidad de uso de la tierra	115
Figura 34. Mapa de intensidad de uso de la tierra.	118
Figura 35. Captación de nacimiento para sistema de riego	121

	Página
Figura 36. PTAR de San Bartolomé Milpas Altas 1 y 2.....	122
Figura 37. Mapa del recurso hídrico en la microcuenca.....	124
Figura 38. Mapa de orden de corriente en la microcuenca.....	127
Figura 39. Mapa de curvas a nivel de la microcuenca.....	128
Figura 40. Precipitación mensual promedio dentro de la microcuenca.....	132
Figura 41. Mapa de isoyetas de la microcuenca.....	134
Figura 42. Mapa de isotermas en la microcuenca.	135
Figura 43. Temperatura promedio mensual en la microcuenca.....	136
Figura 44. Climadiagrama para la estación meteorológica Suiza Contenta.....	136
Figura 45. Climadiagrama para la estación meteorológica INSIVUMEH.....	137
Figura 46. Evapotranspiración mensual por el método de Hargreaves.	138
Figura 47. Mapa de isopletas de la microcuenca.....	139
Figura 48. Caudales medios mensuales a la salida de la microcuenca.....	141
Figura 49. Cauce del río Chinimayá donde se aprecia rocas y suelo compactado.....	142
Figura 50. Curva de caudales característicos, río Chinimayá.....	144
Figura 51. Curva de caudales característicos, río Xaltayá.....	144
Figura 52. Curva de caudales característicos, río Chiplátanos.....	145
Figura 53. Cuadro de interpretación de resultados y visualización de los incumplimientos al A.G. No. 236-2006.....	172
Figura 54. Descarga de agua residual.....	172
Figura 55. Toma de muestra de aguas residuales.....	172
Figura 57. Monitoreo Quebrada Seca.....	176
Figura 56. Monitoreo aguas abajo, río Cuilco.....	176
Figura 58. Nacimiento Tierra Blanca, Mubil, San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.....	177
Figura 59. Ubicación de fuentes de agua, municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.....	178
Figura 60. Ubicación de nacimientos en Cerro Blanco, Asunción Mita, Jutiapa.....	178
Figura 61. Gráfica de número de capacitados por evento.....	181
Figura 62. Capacitación en Tajumulco, San Marcos.....	182
Figura 63. Capacitación a técnicos de Ixchiguán, San Marcos.....	182

	Página
Figura 65. Capacitación en Santa Catarina Pinula.....	182
Figura 64. Entrega de material didáctico	182
Figura 66. Capacitación en Santa Catarina Barahona	182
Figura 67. Capacitación a guarda recursos.....	182
Figura 68. Portada de la propuesta de actualización del manual de toma de muestra de aguas residuales	185
Figura 69. Base de datos en excel con nuevas columnas	187
Figura 70. Pantalla del software MapSource.....	187
Figura 71. Representación de los expedientes en un SIG	188

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Medios de trabajo con los que cuenta el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas	15
Cuadro 2. Resultados del área de calidad del agua, 2016- 2017	22
Cuadro 3. Matriz FODA realizada para el DRHyC	31
Cuadro 4. Relación entre criterios, situaciones y enfoques de manejo de cuencas.....	50
Cuadro 5. Criterios y variables utilizadas en el análisis socioeconómico	52
Cuadro 6. Principales criterios y variables utilizadas en el análisis biofísico.....	53
Cuadro 7. Escala utilizada para el relieve	55
Cuadro 8. Simbología utilizada para la caracterización del relieve	62
Cuadro 9. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce	65
Cuadro 10. Parámetros físico-químicos de calidad del agua para consumo humano	67
Cuadro 11. Parámetros bacteriológicos de calidad del agua para consumo humano	68
Cuadro 12. Elementos del balance hidrológico de una región	69
Cuadro 13. Centros poblados dentro de la microcuenca del río Xaltayá.....	74
Cuadro 14. Índice de desarrollo humano (IDH)	76

	Página
Cuadro 15. Unidades geológicas de microcuenca.....	81
Cuadro 16. Clasificación climática según Thorthwhite.....	81
Cuadro 17. Clasificación taxonómica de los suelos de la microcuenca	85
Cuadro 18. Clasificación del relieve para la microcuenca.....	85
Cuadro 19. Boleta de recolección de información de aforos.....	93
Cuadro 20. Ubicación de puntos de aforo en la parte alta de la microcuenca	94
Cuadro 21. Ubicación de punto de toma de muestra de agua en la microcuenca.....	94
Cuadro 22. Valores medios mensuales de radiación extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día.....	97
Cuadro 23. Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes latitudes.....	97
Cuadro 24. Aspectos generales obtenidos en campo.....	99
Cuadro 25. Costo del m ³ de agua potable en Santa María Cauqué	102
Cuadro 26. Uso de la tierra en la microcuenca para el año 2018	111
Cuadro 27. Capacidad de uso de la tierra.....	114
Cuadro 28. Intensidad del uso de la tierra en la microcuenca	116
Cuadro 29. Matriz de decisión para determinar intensidad de uso de la tierra	117
Cuadro 30. Nacimientos dentro de la microcuenca	120
Cuadro 31. Directivas de agua para riego dentro de la microcuenca.	120
Cuadro 32. Puntos de descarga de aguas residuales municipales identificadas.....	123
Cuadro 33. Aspectos lineales de la microcuenca	125
Cuadro 34. Aspectos de superficie de la microcuenca	126
Cuadro 35. Aspectos de relieve de la microcuenca.....	126
Cuadro 36. Parámetros físico-químicos y biológicos de la calidad del agua.....	129
Cuadro 37. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua para consumo humano..	130
Cuadro 38. Parámetros biológicos de la calidad del agua para consumo humano.....	131
Cuadro 39. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas.	132
Cuadro 40. Precipitación media de la microcuenca por medio del método de Isoyetas. .	133
Cuadro 41. Temperatura media de las estaciones meteorológicas registradas.....	133

Cuadro 42. Humedad relativa mensual en la microcuenca	137
Cuadro 43. Cálculo de la evapotranspiración mensual de las estaciones meteorológicas de la microcuenca.	137
Cuadro 44. Evapotranspiración por isopletras.....	138
Cuadro 45. Aforos de los ríos Chinimayá, Chiplátanos e inicio del río Xaltayá	140
Cuadro 46. Caudales característicos	143
Cuadro 47. Resumen del balance hidrológico superficial de la microcuenca.....	145
Cuadro 48. Matriz FODA para la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá	146
Cuadro 49. Modificaciones al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.....	167
Cuadro 50. Procesos para el desarrollo de las actividades programadas.....	170
Cuadro 51. Monitoreo a entes generadores deguas residuales.....	171
Cuadro 52. Entes generadores y administradores de aguas residuales inspeccionados.....	173
Cuadro 53. Evaluación de estudios técnicos de aguas residuales a entes generadores y administradores de aguas residuales.	174
Cuadro 54. Monitoreos a cuerpos de agua	176
Cuadro 55. Inventario de fuentes de agua	177
Cuadro 56. Opiniones técnicas de proyectos	179
Cuadro 57. Grupos participantes.....	181
Cuadro 58. Cuadro resumen de capacitaciones realizadas	183

RESUMEN

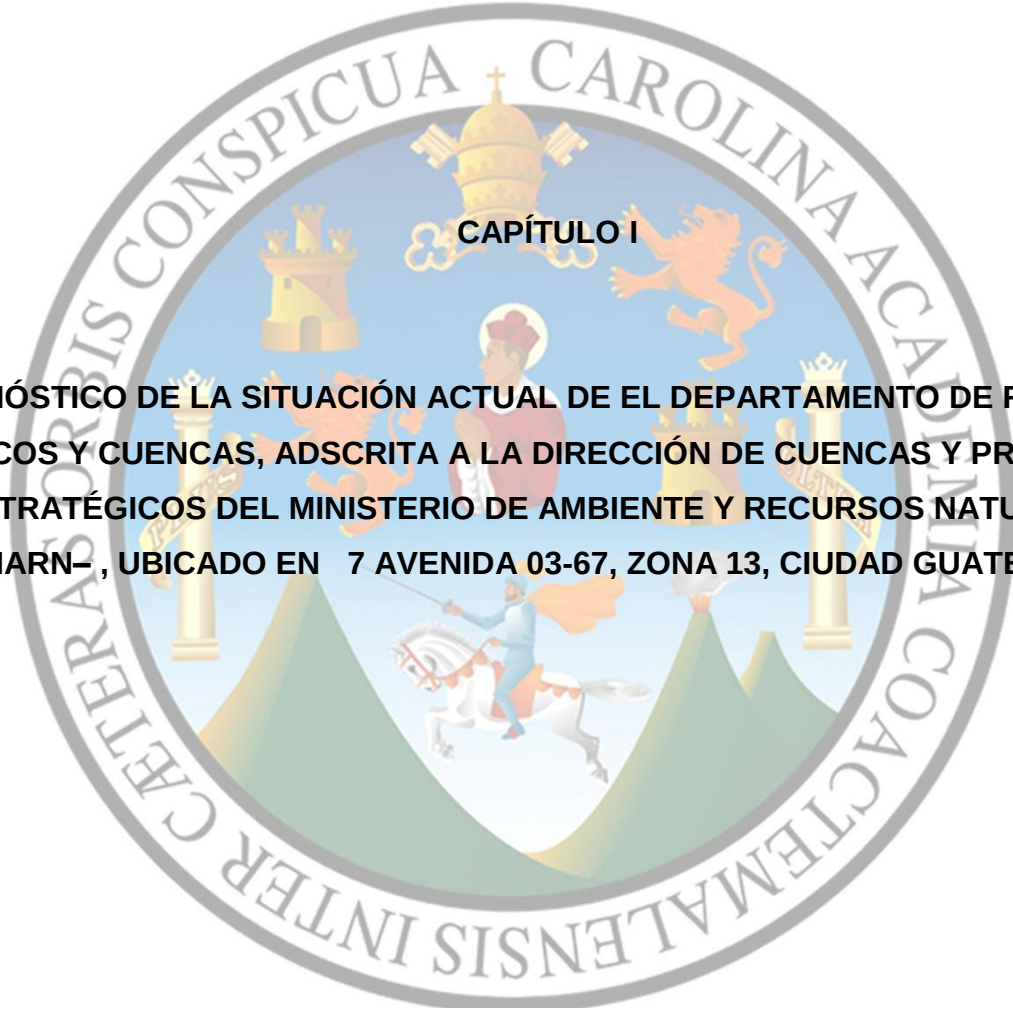
Este documento constituye el informe final del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, realizado en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, durante agosto de 2017 a mayo de 2018, donde se desarrolló la “PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DE LA PARTE ALTA DEL RÍO XALTAYÁ, MUNICIPIO DE SANTIAGO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A. “; dicho documento está conformado por tres capítulos, siendo estos el diagnóstico, investigación y el informe de servicios.

Capítulo I: El diagnóstico se realizó en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, adscrita a la Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos y este al Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Entre las principales funciones del departamento está la aplicación, cumplimiento y socialización de las normativas vigentes en relación a las descargas de aguas residuales, aguas para reuso y lodos, así como realización de acciones para la gestión integral del recurso hídrico a través del manejo sustentable y la protección de fuentes hídricas y cuencas hidrográficas. El diagnóstico se realizó recopilando información tanto primaria como secundaria a través de actividades dentro del departamento como revisiones bibliográficas.

Capítulo II: La investigación se realizó en la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, ésta pertenece a la subcuenca del río Pixcayá, de la cuenca del río Motagua, dentro de la vertiente del Mar Caribe, se ubica a 31 km de la ciudad capital y se encuentra dentro de la jurisdicción del municipio de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez. Esta microcuenca tiene un área superficial de 31.91 km², en donde el 31 % es utilizada para el cultivo de hortalizas, 29.26 % en cobertura boscosa mixta y 27.20 % en centros poblados. La red hídrica que conforma la microcuenca, es el río Xaltayá, a este cauce lo abastece el río Chinimayá y río Chiplátanos además de riachuelos y quebradas. El caudal promedio de salida de la microcuenca es de 0.47 m³/s equivalente a una lámina de escurrimiento de 462.43 mm, al efectuar el balance hidrológico indico un déficit de 37.13 mm. Por último se realizó una propuesta de plan de manejo.

Capítulo III: Los servicios se realizaron en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, específicamente en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas. Los servicios realizados fueron:

1. Desarrollo de actividades que contribuyan al mejoramiento progresivo de la calidad del recurso hídrico aplicando la normativa vigente y la generación de registros de fuentes de agua.
2. Sensibilización con temas de conservación y protección del recurso hídrico y cuencas hidrográficas, dirigido a estudiantes, técnicos vinculados con el recurso hídrico y cuencas, así como apoyo a la plataforma de educadores ambientales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Propuesta de actualización del manual interno de toma de muestras, en donde se indicaron conceptos generales, parámetros de calidad del agua y toma de muestra; se propuso este servicio, ya que el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas desde el año 2008 no ha tenido ninguna actualización de dicho manual.
4. Lineamientos de propuesta de actualización del proceso administrativo de los expedientes de entes generadores y administradores de aguas residuales, que se encuentran en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

The seal of the Academia de la Lengua Guatemalteca is a circular emblem. It features a central shield with a blue background. Inside the shield, there is a golden crown at the top, a golden castle on the left, a golden lion on the right, and a central figure of a person in a red robe and blue hat, possibly a saint or a historical figure, holding a staff. Below the shield, there are two golden pillars and a white horse with a rider. The text "ACADEMIA DE LA LENGUA GUATEMALTECA" is written around the top half of the circle, and "CETERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEM" is written around the bottom half.

CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS
HÍDRICOS Y CUENCAS, ADSCRITA A LA DIRECCIÓN DE CUENCAS Y PROGRAMAS
ESTRATÉGICOS DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
–MARN– , UBICADO EN 7 AVENIDA 03-67, ZONA 13, CIUDAD GUATEMALA.**

1 PRESENTACIÓN

Un diagnóstico tiene como objeto obtener la mayor información sobre el estado actual de una empresa o institución pública, para poder proponer mejoras en cuanto al funcionamiento del mismo, en donde se plantean posibles soluciones a los problemas encontrados, ya sea con los mismos recursos con los que se cuentan o la adquisición de nuevo material y/o equipo para obtener el mayor provecho a la inversión realizada.

El presente diagnóstico se realizó en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, adscrita a la Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos y este al Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

En el año 2005 se denominaba a este Departamento como Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas y en 2013 se crea el manual de funciones de dicha unidad. En el año 2015, deja de ser Unidad y pasa a ser Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC), en ese mismo año se crea el Manual de Funciones del Departamento. En el año 2017 se establecen las funciones que le competen al Departamento, así como el organigrama del mismo, establecido en el Acuerdo Ministerial No. 8-2017 (Ver anexo 10.3), Normas Operativas para el Funcionamiento del Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2017).

Entre las principales funciones esta la aplicación, cumplimiento y socialización de las normativas vigentes en relación a las descargas de aguas residuales, aguas para reuso y lodos, así como realización de acciones para la gestión integral del recurso hídrico a través del manejo sustentable y la protección de fuentes hídricas y cuencas hidrográficas.

El diagnóstico se realizó recopilando información tanto primaria como secundaria a través de actividades, como revisión bibliográfica, para luego analizar toda la información y poder diagnosticar la situación actual y sugerir posibles mejoras.

2 JUSTIFICACIÓN

La situación de los recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala se ha deteriorado conforme pasa el tiempo, esto por las diferentes actividades por parte del hombre (actividad industrial, actividad agrícola, aumento de la población, etc.).

Uno de los principales temas de interés y priorizado desde 1986 indicado en la Ley de Protección y Mejoramiento del medio Ambiente es el recurso hídrico, así que por mandato constitucional el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales realiza las acciones de protección, conservación y mejoramiento de este recurso a través del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

A este Departamento ingresan diversas solicitudes de aplicación, cumplimiento y socialización de las normativas vigentes en relación a las descargas de aguas residuales, aguas para reuso y lodos, así como realización de acciones para la gestión integral del recurso hídrico a través del manejo sustentable y la protección de fuentes hídricas y cuencas hidrográficas, bajo el marco del cumplimiento del Plan Operativo Anual (POA) y las funciones del departamento aplicables a nivel nacional. Dichas solicitudes pueden ser internas (otros departamentos, despacho ministerial, etc.) como externas (municipalidades, entidades de gobierno, organizaciones y público en general).

Por el tipo de acciones que realiza el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas a nivel nacional es de suma importancia conocer la situación actual (2017-2018) de dicho Departamento.

3 MARCO REFERENCIAL

3.1 Generalidades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

La falta de gestión ambiental a nivel mundial, fue el tema que se consideró en la conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo Suecia, en el año 1972, en donde Guatemala participó y aceptó la declaratoria de principios de las resoluciones por parte de Naciones Unidas (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala, (MARN), 1986). Una de las primeras acciones por parte del gobierno fue la promulgación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en el año de 1986 según el Decreto Legislativo 68-86 (MARN, 1986).

El decreto 68-86 da origen a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), atribuyéndole las funciones de asesorar, normar, coordinar y aplicar la política nacional, con el objeto de fomentar la prevención del deterioro ecológico y la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales (MARN, 1986).

En el año 2000 se creó la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN), según Acuerdo Gubernativo 35-2000, la cual estaba descrita a la Presidencia de la República de Guatemala (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2010). Las funciones de CONAMA y SEMARN eran distintas, teniendo como objetivo aplicar la política nacional con temas ambientales.

Como parte del cumplimiento de los mandatos constitucionales enunciados y para el efectivo logro del bien común, se eleva al más alto nivel de la estructura institucional del país al sector ambiente, creando así al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, según Decreto Legislativo 90-2000 del Congreso de la Republica y Reformado mediante el Decreto No. 91-2000, publicado en el año 2001, donde la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN) pasaron a formar parte del Ministerio (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2000).

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es uno de los 14 ministerios que conforman el Organismo Ejecutivo del Gobierno de Guatemala el cual está estructurado por un Despacho Ministerial, 3 Viceministerios, 14 Direcciones, 6 unidades y 3 Autoridades.

Los temas primordiales que se le atribuyeron al Ministerio fueron los sistemas atmosféricos (aire); hídricos (agua); líticos (roca y minerales); edáfico (suelo); biótico (animales y plantas); elementos audio-visuales y recursos naturales y culturales, cada uno de ellos se encuentra administrada por una Dirección.

3.2 Ubicación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

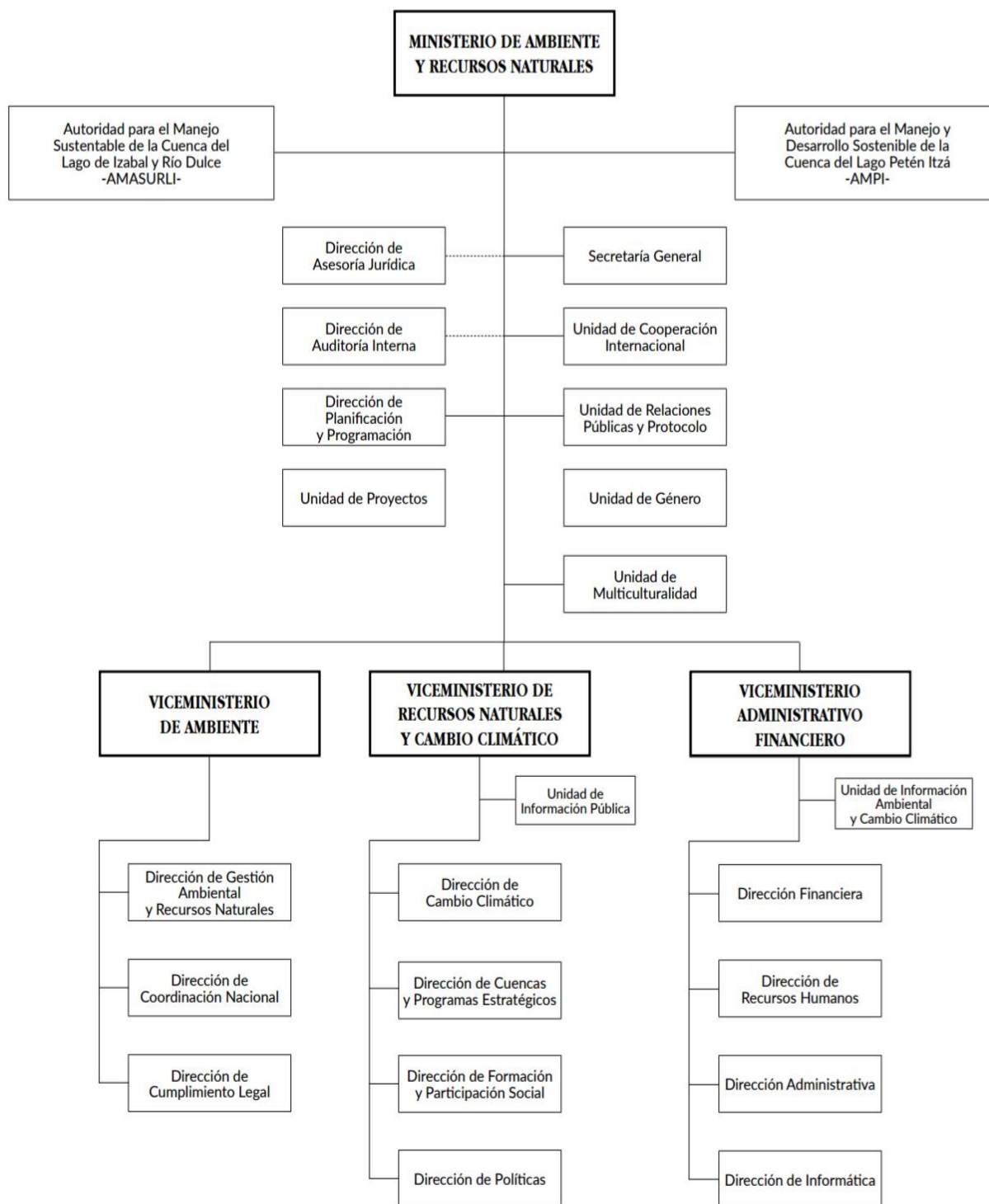
El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales desde su creación ha estado en 3 instalaciones diferentes. En el año 2000, estuvo ubicado en la 7 avenida y 10 calle de la zona 1, edificio denominado “7-10”. En el año 2004 se trasladaron a la 20 calle 28-58 zona 10, Edificio MARN y en junio de 2017 se trasladó a la 7ª Avenida 03-67, zona 13 en el antiguo edificio de la Universidad del Istmo (figura 1).



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN), 2004.

Figura 1. Ubicación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

3.3 Organigrama Funcional, 2016



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2016.

Figura 2. Organigrama de funciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

3.4 Gestiones en el entorno del Recursos Hídricos y Cuencas dentro de las competencias del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

3.4.1 Historia

En la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, decreto 68-86, capítulo II, artículo 15; se consideró la importancia del recurso hídrico y el manejo de las cuencas hidrográficas, comprometiendo al Gobierno a velar por el mantenimiento de la cantidad y calidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que el MARN emitirá las disposiciones que sean necesarios y los reglamentos correspondientes para: (MARN, 1986)

- a) Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas.
- b) Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental.
- c) Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos.
- d) Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basura, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua.
- e) Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores, litorales y oceánicas, que constituyen la zona económica marítima de dominio exclusivo.
- f) Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas.
- g) Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
- h) Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de cantidad y calidad del agua.

- i) Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas lacustres de ríos y manantiales.
- j) Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala.
- k) Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica (MARN, 1986).

3.4.2 Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático

Este Viceministerio tiene a su cargo velar por que se formulen e implementen las políticas ambientales de recursos naturales y cambio climático, en conjunto con las instituciones que tengan competencia legal, asegurando la participación de los sectores públicos, privados y sociedad civil.

3.4.3 Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos

Tiene a su cargo la protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales, además de velar por la calidad y renovación del recurso hídrico, realizando importantes acciones a nivel de micro cuenca priorizadas, con el propósito de brindar asesoría técnica para la formación de Comités de Cuencas y de esta manera, elaborar los respectivos planes de manejo de cuencas y micro cuencas -PLADIM-, impulsando la gestión integral de cuencas en el ámbito nacional mediante una efectiva coordinación entre los sectores público-privados y las comunidades (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2016).

3.4.4 Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

El 05 de abril de 2005 se publicó el Acuerdo Ministerial No. 239-2005 en donde el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales por ser el ente rector de todo tema ambiental en el territorio nacional, consideró crear la unidad técnica que desarrolle actividades ambientales, siendo esta, la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2005).

El Acuerdo Ministerial No. 66-2015, acuerda en las Normas Operativas para el Funcionamiento del Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en el artículo 10, establece que a partir de la vigencia del Acuerdo Ministerial No. 66-2015 (6 de marzo de 2015), en toda disposición reglamentaria y administrativa, la Unidad de Recurso Hídricos y Cuencas deberá entenderse como Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2015).

3.4.5 Manual Administrativo del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

Este manual surge a partir del Acuerdo Ministerial No. 380-2015 con fecha 26 de noviembre de 2015, en donde se describen la línea jerárquica, puestos, perfiles y las principales atribuciones que corresponden a los funcionarios y personal del departamento (MARN, 2015b).

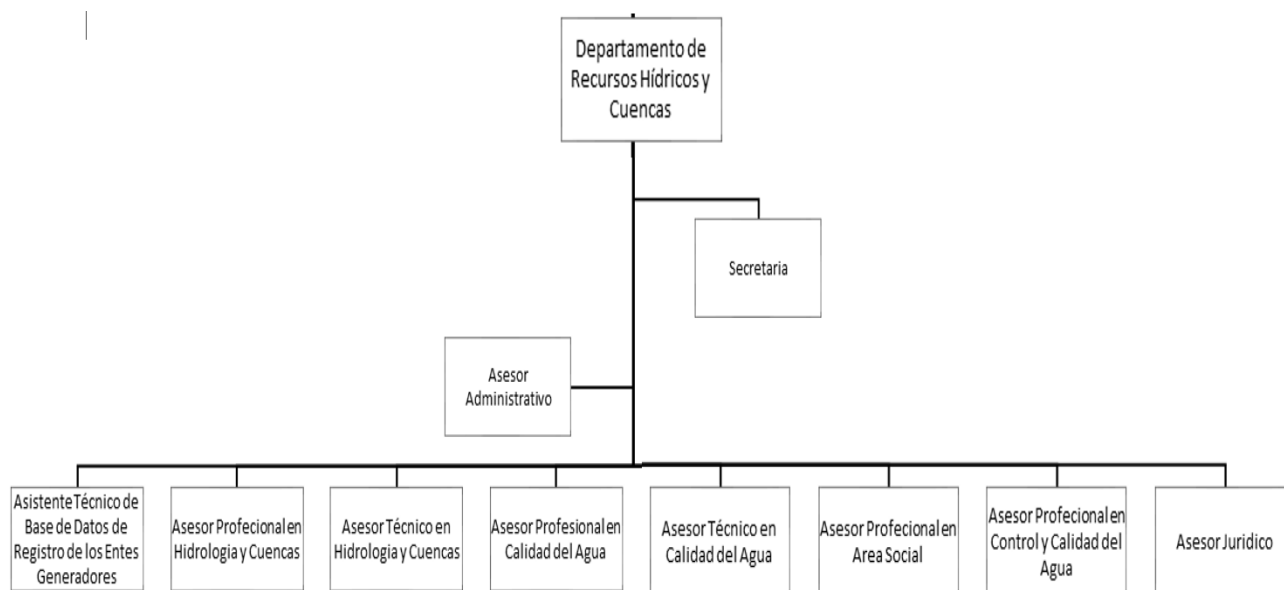
3.4.6 Funciones del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

En el Acuerdo Ministerial No. 8-2017 con fecha 6 de enero de 2017, capítulo III, artículo 4, inciso 2, establece las funciones que le corresponden al Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, siendo las siguientes:

- a) Ejercer en coordinación con la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, las acciones de vigilancia y seguimiento contenidas en las regulaciones vigentes sobre aguas residuales.
- b) Promover la gestión integral del recurso hídrico, dentro del ámbito de competencia del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- c) Promover el manejo sustentable y la protección de cuencas hidrográficas.
- d) En coordinación con la Dirección de Formación y Participación Social, realizar capacitaciones a nivel nacional sobre temas ambientales y especialmente sobre recursos hídricos y cuencas hidrográficas.
- e) Planificar y realizar en coordinación con otras dependencias del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y entidades del Sector Público con competencias en el tema, un inventario nacional de fuentes de agua y su uso.

- f) Planificar y realizar un inventario nacional de entes generadores de aguas residuales y su uso.
- g) Realizar la administración técnica de los programas o proyectos estratégicos que el Despacho Ministerial le asigne.
- h) Emitir opiniones y dictámenes técnicos sobre temas vinculados a los recursos hídricos y cuencas hidrográficas.
- i) Cualquier otra que sea asignada por el Despacho Superior del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2017).

3.4.7 Organigrama del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2015.

Figura 3. Organigrama del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

3.4.8 Área de acción del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

El Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas programa actividades en todos los departamentos de la República de Guatemala donde realiza actividades de monitoreos a entes generadores de aguas residuales, monitoreo a cuerpos de agua (los resultados son utilizados como valores de referencia por no existir normativa vigente para calidad del agua

en cuerpos hídricos), actividades de socialización, participación en mesas técnicas donde se discuten problemas de disponibilidad del recurso hídrico, promover la conformación de comités de microcuenca, socialización de las normativas vigentes y manejo, conservación y protección del recurso hídrico; en el año 2018 el departamento inicio a realizar actividades, tanto teóricas como prácticas, con personas con diferentes discapacidades (visual, auditiva, motriz). Parte de las prioridades del DRHyC es promover y dar a conocer la importancia de la conservación y protección del recurso hídrico, donde se involucran entidades municipales, sector privado, sociedad civil, organizaciones e incluso estudiantes de nivel universitario.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Describir la situación actual del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC), adscrita a la Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN– , ubicado en 7 avenida 03-67, zona 13, ciudad Guatemala.

4.2 Objetivos específicos

1. Aplicar las técnicas de observación, análisis de documentos y participación en actividades, para el desarrollo del diagnóstico al Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC).
2. Realizar un análisis de una muestra representativa de 274 expedientes de entes generadores de aguas residuales aperturado del 2010 al 2017 en relación al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.
3. Realizar un análisis FODA para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC).

5 METODOLOGÍA

En el desarrollo del diagnóstico, se realizaron diversas técnicas, siendo estas:

- Observación
- Análisis de documentos
- Conversaciones con personal del DRHyC
- Participación en actividades

5.1 Observación

Se realizó el reconocimiento de los procesos que realiza el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC), utilizando la técnica de observación así mismo se analizó las funciones, área de trabajo y personal que realiza dichas funciones.

5.2 Análisis de documentos y base de datos

Se realizó el análisis de una serie de documentos siendo estos, Acuerdos Gubernativos, Acuerdos Ministeriales, Decretos, Manuales de Funciones, Folletos del DRHyC, además de base de datos de los expedientes de entes generadores.

5.3 Conversaciones con el personal del DRHyC

La información primaria se obtuvo por medio de conversaciones realizadas con el personal del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

5.4 Participación en actividades

Para poder entender las funciones del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, se programaron diversas actividades tanto de campo como de gabinete, en donde se obtuvo la información de los procesos administrativos y desarrollo de actividades.

5.5 Análisis de la información

Al finalizar la recopilación de información tanto primaria como secundaria se elaboró una matriz FODA. Con esta matriz se estableció la situación actual del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

6 RESULTADOS

6.1 Medios con los que cuenta el personal del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

El Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC), cuenta con los medios necesarios para desarrollar las actividades programadas de inspecciones y monitoreos; pero al no contar con un laboratorio propio existen limitantes a la hora de realizar análisis de aguas residuales, ya que el Laboratorio Nacional de Salud solo realiza un número determinado. En relación a los aforos, el departamento puede realizarlos acorde a las condiciones idóneas para el molinete, fuera de esas condiciones, se requiere solicitar apoyo a otras instituciones para realizar dicha actividad.

Cuadro 1. Medios de trabajo con los que cuenta el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

Mobiliario	Equipo	Insumos		Área ocupacional
Escritorios	Computadora	Hojas	Frascos de vidrio y plásticos	Módulos
Sillas	Teléfono	Lapiceros	Viáticos	Bodega
Archivos	Impresoras	Folders	Combustible	Parqueos
Cajas	Laptop	Carpetas	Café	Espacio en LNS
Refrigeradora	Cañonera	Tasas	Azúcar	Cafetería
Microondas	Multiparamétrico	Insumos de oficina	Hielo	
Botes de agua	Multimuestreador	Internet	Folletos	
Basureros	Recipiente captador	Electricidad	Manuales	
Gabinetes	Hieleras	Agua	Libretas	
Cafetera	Fotocopiadora	Guates	Afiches	
Robotios	UPS	Mascarillas	Carteles	
Mesas	GPS	Botes de plástico		
	Molinete	Frascos de vidrio		
	Vehículos			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

6.2 Actividades que realiza el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

Este departamento programa y realizan actividades que se encuentran establecidas en el manual de funciones y en el Plan Operativo Anual (POA).

Al departamento ingresan diversas solicitudes tanto internas (otros departamentos, despacho ministerial, etc.) como externas (municipalidades, entidades de gobierno, organizaciones y público en general), así mismo solicitudes que se requiere de una programación para realizarla en campo, como las que se realizan en gabinete.

El DRHyC cuenta con un Plan Operativo Anual (POA) en donde se indica el número de monitoreos, capacitaciones, inspecciones, evaluaciones de estudios técnicos, viáticos, combustible e insumos de oficina; donde se le asigna el presupuesto necesario para su desarrollo y ejecución.

6.3 Divisiones internas administrativas del DRHyC

6.3.1 Área de calidad del agua

Como parte de la legislación vigente adscrita al departamento, este realiza actividades relacionadas al cumplimiento y socialización del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y el Acuerdo Gubernativo No. 12-2011 “Reglamento de Descargas de Aguas Residuales en la Cuenca del Lago de Atitlán”; dichos acuerdos se enfocan en verificar la calidad de descarga de aguas residuales que realiza un ente generado.

A. Actividades que realiza el área de calidad del agua del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

- Verificar la existencia de estudios técnicos de aguas residuales, en cumplimiento de la normativa aplicable a nivel nacional y seguimiento donde ya se ha realizado la evaluación.
- Inspeccionar a ente generador por denuncias establecidas.
- Cumplir el requerimiento de monitoreos, control y seguimiento de las descargas de agua residual de los entes generadores en cumplimiento a la normativa vigente.

- Realizar toma de muestra de aguas para obtener únicamente “valores de referencia” de calidad de los cuerpos hídricos del país, por no existir una normativa aplicable.
- Emitir opiniones técnicas (o dictámenes técnicos) de instrumentos ambientales relacionadas con proyectos que incluyan el uso del recurso hídrico.
- Participar en actividades de socialización de la normativa vigente (términos generales y aplicación).
- Participar en actividades de inspección en conjunto con otras instituciones del Estado.

B. Medios de verificación de las actividades realizadas por asesores del DRHyC

- Oficios
- Opiniones técnicas
- Opiniones jurídicas
- Informes de inspecciones
- Informes de evaluaciones de estudio técnicos de aguas residuales
- Dictámenes técnicos y jurídicos
- Formularios de evaluación
- Actas
- Informes de reuniones, acompañamientos o de actividades realizadas.

6.3.2 Área de cuencas y área social

En el área social es donde se coordina, programa y gestionan las capacitaciones en conjunto con técnicos y profesionales del área de cuencas y calidad del agua. Se tienen establecido un número de capacitaciones a realizar en diversas zonas del territorio nacional (establecidas en el POA); entre los temas que se capacitan están:

- Recursos Hídricos, manejo e importancia
- Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, generalidades y aplicación
- Acuerdo Gubernativo No. 12-2011, generalidades y aplicación

- Manejo Integrado de Cuenca
- Protocolo de Toma de Muestra
- Gestión integral del Recurso Hídrico
- Educación Ambiental
- Capacitaciones a personas con discapacidad en temas del Recurso Hídrico
- Entre otros

Los temas se desarrollan por medios de talleres, charlas magistrales, presentaciones, actividades de campo o acompañamiento a delegaciones o dependencias del MARN, realizadas a nivel nacional.

A. Actividades específicas del área de cuencas

- Participación en mesas técnicas interinstitucionales
- Promover la conformación de comités y organismos de microcuencas
- Aforo de ríos
- Elaboración de mapas temáticos
- Elaboración de fichas técnicas con información básica de las microcuencas fortalecidas
- Priorización de municipalidades y microcuencas para fortalecimiento de capacidades en la elaboración de PLAMIM, inventarios de fuentes de agua y conformación de organismos de cuenca.
- Entre otros

6.4 Resultados obtenidos en el período 2015-2016 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

6.4.1 Calidad del agua

Se evaluaron 107 estudios técnicos de aguas residuales de entes generadores y entes administradores en diferentes municipios de país, con la finalidad de velar por el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo 236-2006 (MARN, 2015d).

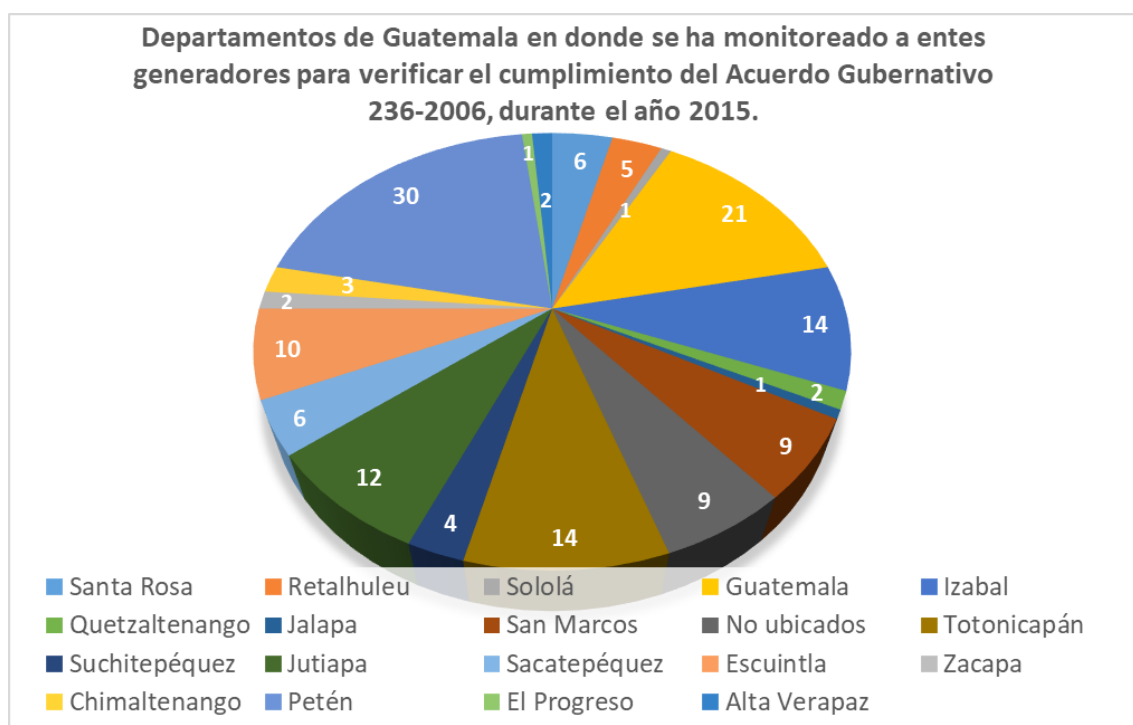
Se atendieron 24 denuncias en los departamentos de Guatemala, Sololá, Santa Rosa, Alta Verapaz, Retalhuleu, Sacatepéquez, El Peten, Chimaltenango e Izabal relacionadas a contaminación del recurso hídrico.

Se efectuaron 122 monitoreos a diversos entes generadores de aguas residuales en todo el país (MARN, 2015b).

Se tomaron muestras para el control de la calidad del agua a 39 cuerpos de agua del país, obteniendo “valores de referencia”, esto por no existir una normativa vigente para calidad del agua de cuerpos hídricos.

Se elaboraron 175 opiniones técnicas en diversos temas, en apoyo a la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, en el tema hídrico y con enfoque de saneamiento, en materia de aguas residuales.

Se analizaron 220 muestras de aguas residuales que equivalen a 145 entes generadores, muestras que fueron enviadas al Laboratorio Nacional de Salud –LNS- (MARN, 2015d).

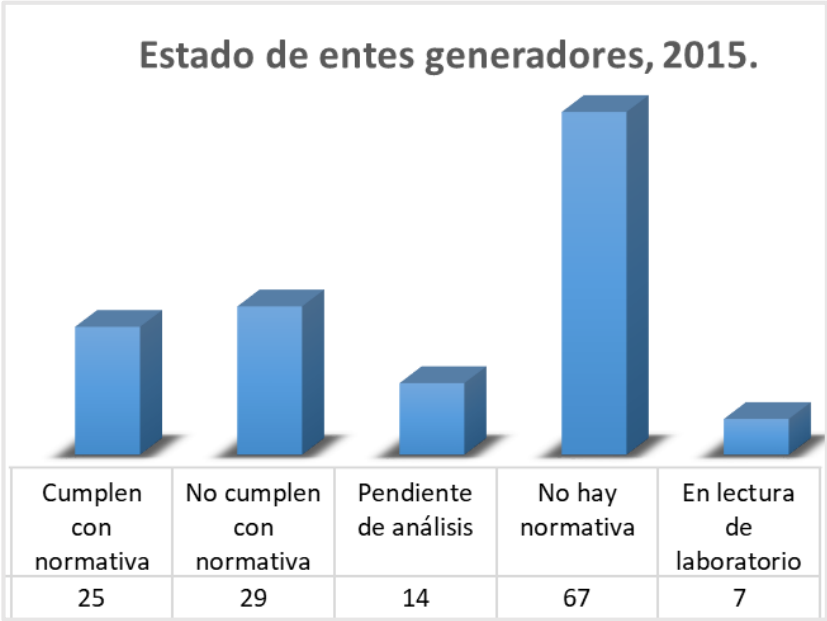


Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2015d.

Figura 4. Departamentos de Guatemala en donde se realizaron monitoreos a entes generadores, en el año 2015.

En la figura 4, se indica que en los departamentos de Petén, Guatemala e Izabal fue donde se realizaron mayores monitoreos a entes generadores de aguas residuales en el año 2015; en los departamentos de El Progreso, Jalapa y Zacapa fue donde se tuvieron menos monitoreos.

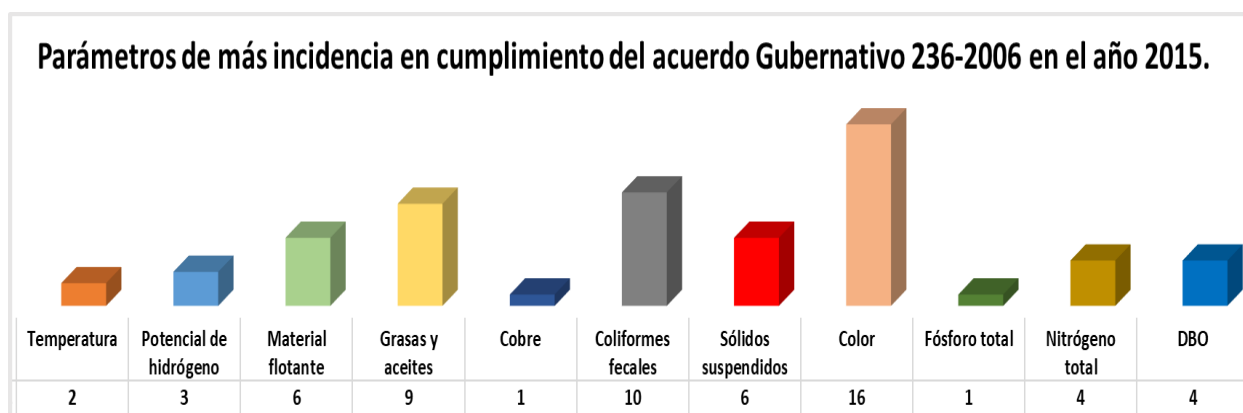
Se le denomina ente generador a la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor; el termino monitoreo es el proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con el objetivo de verificar el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, “Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2015d.

Figura 5. Estado de entes generadores en cumplimiento con la normativa.

En la figura 5, se gráfica el estado de los entes generadores en relación al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, “Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”, indicando que de los entes generadores monitoreados, 67 no tienen normativa, como ejemplo, toma de muestras ha cuerpos de agua, dichos parámetros no tienen comparativos de calidad y 29 monitoreos no cumplieron con la normativa.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2015d.

Figura 6. Parámetros de más incidencia en incumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 en el año 2015.

En la figura 6, se indican los parámetros que más incidencia en incumplimiento presentan, donde según la gráfica en los que más se incumplen es en color, coliformes fecales, grasas y aceites.

En el artículo 16 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, se enumeran 20 parámetros, siendo estos temperatura, potencial de hidrógeno, grasas y aceites, material flotante, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc, color y coliformes fecales. Estos son los parámetros que determinan la calidad de la descarga del agua residual y dichos parámetros tienen límites máximos permisibles de cumplimiento, enmarcados en los artículos 20, 21, 22, 24, 27, 28, 29 y 30 de dicho acuerdo.

6.4.2 Cuencas hidrográficas

Para promover la gestión integral del recurso hídrico y la protección de las cuencas hidrográficas en el año 2015, se trabajaron Planes de Manejo Integrado en las siguientes microcuencas (MARN, 2015d):

- ✓ Tumulá y Sigüilake, Cuenca Samalá, Quetzaltenango.
- ✓ Xayá y Los Idolos, Cuencas Coyolate y Madre Vieja, Chimaltenango.

- ✓ Paqui y Alto Nahualate, Cuenca Samalá y Nahualá, Totonicapán y Quetzaltenango.
- ✓ Uguaxucube, Cuenca del río Nahualate.
- ✓ Panima y Bocanueva, cuenca del río Polochic, vertiente del Caribe.
- ✓ Chixoy, Cuenca Salinas.

6.4.3 Capacitaciones

Durante el año 2015 se capacitaron 1,208 personas de diferentes departamentos del país, en temas relacionados con aguas residuales, en la aplicación e implementación de los Acuerdos Gubernativos No. 236-2006 y sus reforma, el Acuerdo Gubernativo No. 12-2011; y en la aplicación de la gestión hídrica en cuencas hidrográficas (MARN, 2015d).

6.5 Resultados obtenidos en el período 2016-2017 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

En el primer año de gobierno (2016) se priorizaron 8 microcuencas para ser intervenidas en temas de manejo integrado, asesoría y asistencia de la elaboración del PLADIM y su implementación. Se realizaron trabajos en Cobán (Microcuenca del río Mestelá); San Juan Chamelco (Microcuenca del río Chiche); Chantla y Huehuetenango (Microcuenca río San Lorenzo y parte alta del río Selegua); microcuenca Cucubá en Quiché; microcuenca Palimá en San José Poaquil, Chimaltenango; microcuenca Frío en San Martín Jilotepeque, microcuenca las Margaritas en Granados, Baja Verapaz; microcuenca Xequijel, Olinstepeque, Quetzaltenango, realizando visitas a las municipalidades y coordinando con las delegaciones departamentales del MARN (MARN, 2016).

Cuadro 2. Resultados del área de calidad del agua, 2016- 2017.

<i>Calidad del Agua, 2017</i>	
Evaluación y/o seguimiento de entes generadores (Estudios Técnicos)	93
Denuncias atendidas a solicitud del Despacho Superior	14
Monitoreo a entes generadores de aguas residuales	101
Muestra de agua en cuerpos hídricos	40
Opiniones técnicas en aspectos relacionados con el recurso hídrico	127
Análisis de aguas residuales	209

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2016.

En el cuadro 2, se indican las actividades que se realizaron en el área de calidad del agua. Durante el año 2016, se capacitó a 920 personas de diferentes departamentos del país, en temas relacionados con aguas residuales, en la aplicación e implementación de los Acuerdos Gubernativos No. 236-2006 y su reforma; y el Acuerdo Gubernativo No. 12-2011; y en la aplicación de la gestión integrada del recurso hídrico (MARN, 2016).

6.6 Resultados obtenidos en el período 2017-2018 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

6.6.1 Área de calidad del agua

Se evaluaron y se les dio seguimiento a 158 estudios técnicos de aguas residuales de entes generadores en diferentes departamentos y municipios del país, con la finalidad de velar por el cumplimiento de las normativas vigentes en descargas de aguas residuales. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2018)

Se atendieron 30 denuncias a solicitud del Despacho Superior, así como de la Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos, Dirección de Cumplimiento Legal, Dirección de Gestión Ambiental de este Ministerio, y solicitudes del Ministerio Público. (MARN, 2018)

Se efectuaron 101 monitoreos a diversos entes generadores de aguas residuales en todo el país, con la finalidad de velar por el cumplimiento de las normativas vigentes en descarga de aguas residuales (MARN, 2018).

Se tomaron muestras de agua en 26 cuerpos hídricos del país; se elaboraron 115 opiniones técnicas de diversos temas; se analizaron 150 muestras de aguas residuales las cuales fueron enviadas por el Laboratorio Nacional de Salud.

Se realizaron visitas al área de la cuenca del río Chixoy, en el municipio de Cubulco, Rabinal, San Miguel Chicaj, San Cristóbal Verapaz y Santa Cruz Verapaz.

6.6.2 Área de cuencas

Se priorizaron 8 microcuencas para el fortalecimiento de capacidades en el manejo integrado de microcuencas, priorizando Microcuenca El Naranjo (parte baja), Ocos, San Marcos; microcuenca Cucubá, Santa Cruz del Quiché; Microcuenca Pactze, Chinique, Quiché; microcuenca San Francisco, Puerto Barrios, Izabal; microcuenca Laguna Atescatempa, municipio de Atescatempa, Jutiapa; Cuenca Los Esclavos (parte baja), Santa Rosa; micro regionalización Tajumulco e Ixchiguán, San Marcos; microcuenca Salomón Greeks, Morales, Izabal (MARN, 2018).

6.6.3 Área de capacitaciones

En el año 2017 se capacitaron 1,491 personas de diferentes departamentos del país, de donde 1,008 son hombres y 483 mujeres, en temas relacionados con aguas residuales, en la aplicación e implementación de los Acuerdos Gubernativos 236-2006 y 12-2011. Los lugares visitados fueron: Santa Catarina Pínula, Champerico, San Andrés Villa Seca, San Vicente Pacaya, Chiquimulilla, Amatitlán, Guatemala, Atescatempa, Quetzaltenango, Mazatenango, Sumpango, Panajachel, Villa Nueva, San Miguel Chicaj, Livingston, Puerto Barrios, El Estor y San José La Máquina (MARN, 2018).

6.7 Resultados obtenidos en el período 2018-2019 por el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

6.7.1 Área de calidad del agua

En el año 2018 se realizaron evaluaciones de estudios técnicos de aguas residuales de entes generadores en los departamentos de Guatemala, Quetzaltenango, San Marcos, Sacatepéquez, Izabal, Chiquimula, Zacapa, Petén, Suchitepéquez, Escuintla, Retalhuleu, Sololá y Huehuetenango. A noviembre de 2018, se verificó la existencia de 179 estudios técnicos. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2019). Se atendieron 35 denuncias en diferentes departamentos del país, a solicitud del Despacho Superior, así como de la Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos, Dirección de Cumplimiento Legal, Dirección de Gestión Ambiental de este Ministerio, además se atendieron solicitudes del Ministerio Público (MARN, 2019).

Se realizaron 97 monitoreos a entes generadores a nivel nacional; además se realizaron 25 toma de muestras de agua a diferentes cuerpos hídricos del país.

Se elaboraron 150 opiniones técnicas de diversos temas, así como el análisis de 164 muestras de aguas residuales las cuales fueron enviadas al Laboratorio Nacional de Salud para el análisis respectivo (MARN, 2019).

6.7.2 Área de cuencas

Se priorizaron 8 microcuencas a intervenir en el fortalecimiento de capacidades para el manejo integrado de microcuencas, siendo estas; microcuenca río El Arco, Joyabaj, Quiché; microcuenca El Tumbadero, Pachalum, Quiché; microcuenca Morazán, El Progreso; microcuenca Guastatoya, municipio de Guastatoya, El Progreso; microcuenca Cintillo, San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso; microcuenca Huijo, Usumatlán, Zacapa; microcuenca El Tambor, Cabañas, Zacapa y microcuenca río Frío, San Raymundo, Guatemala, (MARN, 2019).

6.7.3 Área de capacitaciones

Se capacitaron a 1,769 personas de diferentes departamentos del país, donde 1,076 son hombres y 693 mujeres; se socializo el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y 12-2011, además de la gestión integrada del recurso hídrico (MARN, 2019).

6.8 Análisis de una muestra representativa de 274 expedientes de entes generadores de aguas residuales aperturado del 2010 al 2017

Para realizar el análisis se utilizó una muestra representativa de 274 expedientes. Esta muestra se obtuvo de la base de datos que se encuentra en el DRHyC generada en formato Excel, hoja No. 18, denominada “*Base de Datos Entes Generadores*” y se filtraron los expedientes generados en el período del 2010 al 2017. La mayor parte de los expedientes analizados se ubican en el área Metropolitana (figura 7). El análisis se realizó en relación al lugar de descarga, tipo de agua residual que descargan, cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, incumplimiento de parámetros con mayor frecuencia y cumplimiento de las municipalidades en relación al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.



Fuente: Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC), 2018.

Figura 7. Mapa de ubicación de la muestra de 274 expedientes de entes generadores de aguas residuales.

6.8.1 Cuerpos receptores de aguas residuales

Los cuerpos receptores donde se realizan mayores descargas de aguas residuales es a ríos (33.33 %), pozos de absorción (21.15 %), cuerpos receptores (19.35 %) y alcantarillado público (14.70%) (Figura 8).



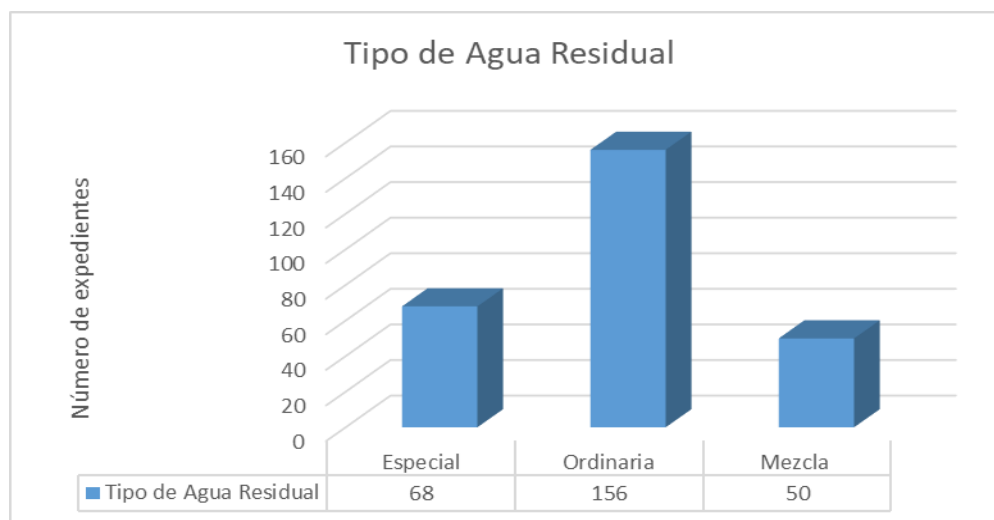
Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 8. Puntos de descarga de aguas residuales.

6.8.2 Tipos de aguas residuales que descargan los entes generadores

Del análisis realizado, el 24.82 % de los entes generadores descargan aguas residuales de tipo especial, el 56.93 % descarga aguas residuales de tipo ordinario y 18.25 % descarga mezcla de ambas (figura 9).

Se entiende por aguas residuales de tipo especial todas aquellas generadas por servicios públicos, municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarios, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de la misma; y aguas residuales de tipo ordinario son las generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.

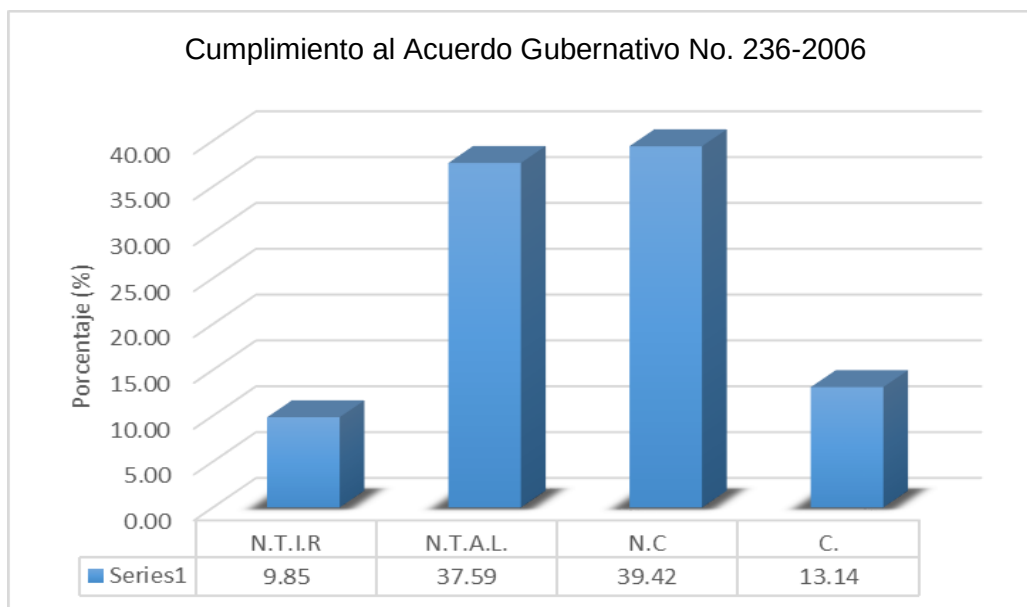


Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 9. Tipo de agua residual que descargan según la muestra.

6.8.3 Cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006

En la figura 10, se representan los expedientes en relación al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, indicando que el 39.45 % de los entes generadores no cumplen (NC) y el 13.14 % si cumple con la normativa vigente (C). El 37.59 % corresponde a que no tiene análisis de laboratorio (NTAL) y 9.85 % no tiene interpretación de resultados (NTIR).



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 10. Nivel de cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

Al realizar el análisis de los expedientes en relación al cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, se mencionan 4 categorías, No Cumple (NC), Cumple (C), No Tiene Análisis de Laboratorio (NTAL) y No Tiene Interpretación de Resultados (NTIR).

Los expedientes de entes generadores que no tiene análisis de laboratorio (NTAL), se consideran por las siguientes razones:

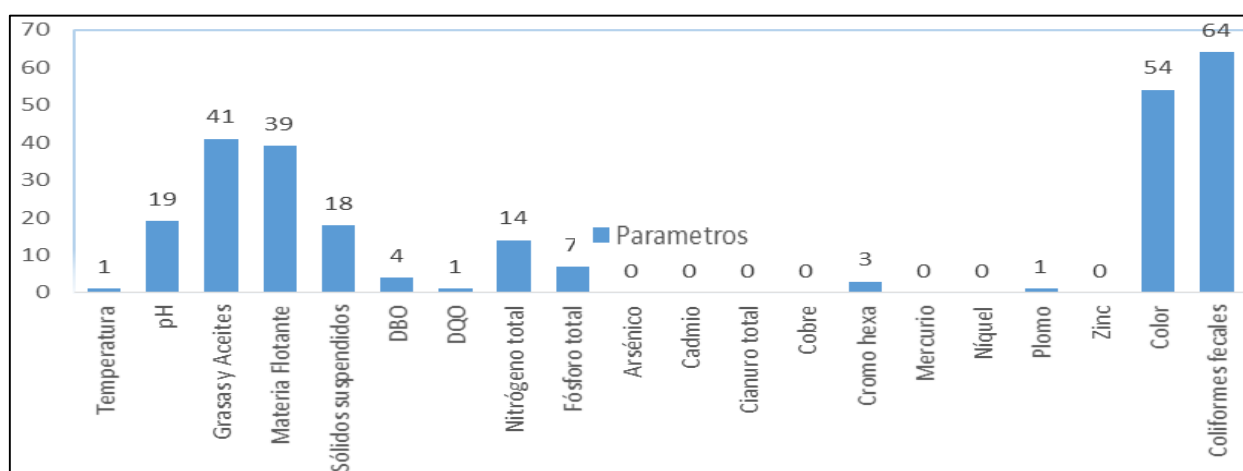
- El ente generador no aplica a toma de muestra, esto en relación a las municipalidades, ya que tienen prórroga hasta el 2 de mayo de 2019, según reforma No. 304-2017 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.
- No se permitió el ingreso de los técnicos a las instalaciones del ente generador.
- El ente generador solicitó evaluación de estudio técnico de aguas residuales.
- Al momento del monitoreo no se tomó muestra de aguas residuales por no existir descarga.
- El dispositivo de tomo de muestra se encontró sellado al momento de la inspección.
- Se abrió el expediente por el ingreso de algún documento o solicitud.

Los expedientes que no se les realizó la interpretación de resultados (NTIR), según análisis realizado, algunas de las causas podrían ser:

- Se tomó muestra de aguas residuales a una municipalidad, y por estar exentas de cumplimiento no se realizó la interpretación, según reforma No. 304-2017 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.
- Se tomó muestra a un cuerpo de agua, y por no existir parámetros de comparación, no se pueden interpretar los resultados.
- Se realizó toma de muestra de aguas residuales a una urbanización no conectada al alcantarillado público, y por estar exentas de cumplimiento no se realizó interpretación, según reforma No. 138-2017 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.
- El técnico que realizó la toma de muestra ya no labora en el MARN por lo que la interpretación de los resultados quedó pendiente.

6.8.4 Incumplimiento de parámetros con mayor recurrencia al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006

En figura 11, se indica que del análisis realizado, los parámetros que se incumplen con mayor frecuencia son: Coliformes fecales, Color, Material flotante, Grasas y Aceites. Este comportamiento se debe a que las descargas con mayores frecuencias son de tipo ordinario, indicado en la figura 9.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 11. Incumplimiento de parámetros con más recurrencia del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

6.8.5 Cumplimiento de las municipalidades al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006

Las municipalidades en relación al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos por existir una Reforma vigente, siendo el Acuerdo Gubernativo No. 304-2017, publicado en el Diario de Centro América, el viernes 29 de diciembre de 2017, en donde indica en el artículo 1.- Se reforma el “artículo 24 bis.- LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES” del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, se indican las etapas de cumplimiento.

1. 2 de mayo de 2019 (tener en operación S.T.A.R. para las dos descargas principales).
2. 2 de mayo de 2023 (tener en operación S.T.A.R. para el 45 % del total de las descargas).
3. 2 de mayo de 2027 (tener en operación S.T.A.R. para el 35 % del total de las descargas).
4. 2 de mayo de 2031 (tener en operación S.T.A.R. para el 20 % del total de las descargas).

Además se indica en el inciso a) una prórroga de 6 meses, contando a partir de la vigencia del Acuerdo Gubernativo No. 304-2017, para la elaboración del Estudio Técnico de Aguas Residuales, en donde las Municipalidades el 28 de junio del año 2018 ya deberán tener el Estudio Técnico, para su respectiva evaluación por técnicos del DRHyC del MARN, (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2017).

Considerando los aspectos legales en relación a la Reforma No. 304-2017, las municipalidades que cuentan con expediente en el DRHyC es porque en su momento se realizó una visita, ya sea por solicitud de la misma municipalidad o por solicitudes externas, las cuales se efectuaron con la finalidad de verificar los avances en relación al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

6.9 Análisis FODA para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

Cuadro 3. Matriz FODA realizada para el DRHyC.

FORTALEZAS • Personal calificado y profesional • Servicio eficiente hacia otros departamentos • Infraestructura acorde a las necesidades • Equipo mínimo necesario para realizar las actividades • Procesos técnicos y administrativos de calidad • Apoyo y armonía entre compañeros • Existe una ruta de actividades bien establecida • El personal profesional se capacita en el extranjero en relación al recurso hídrico y cuencas • El departamento cuenta con un plan de trabajo (POA) • Gran parte de los profesionales cuenta con años de experiencia en relación al recurso hídrico y cuencas • Se lleva un registro de todos los expedientes de inspecciones de aguas residuales • Viáticos suficientes para realizar actividades • La mayoría del personal está bajo el reglón 011 • El departamento cuenta con profesionales multidisciplinarios.	DEBILIDADES • Equipos no tan modernos para realizar las actividades • Poco apoyo por parte de las regionales del MARN • Poco espacio físico para desarrollar las labores • Cuenta con muy poco personal para cubrir la demanda a nivel nacional • Poco personal para el trabajo de campo • El departamento no cuenta con laboratorio propio para el análisis de calidad del agua • Poco trabajo programado por el departamento porque se está trabajando por solicitudes • Pocos vehículos asignados al Departamento RH y C • El departamento no cuenta con investigación de ninguna índole • No contar con un control de georeferenciación de las actividades realizadas • Unificación de la información del DRHyC generada por los asesores • Poca adquisición de equipo
OPORTUNIDADES • Crecer como departamento RH y C • Separar el departamento entre Recursos Hídricos y Cuencas para aumentar las capacidades de cada una de las áreas • Pasar de ser departamento a Dirección • Contratar más personal capacitado y mejor si es bajo el reglón 011 para que exista una estabilidad laboral y continua • Aumentar el área de acción del DRHyC • Aumentar el presupuesto para el DRHyC • Aumentar las capacidades del personal del DRHyC • Fortalecer al DRHyC en todo sentido • Integrar personal del DRHyC o capacitar a técnicos en las regionales como parte del fortalecimiento del DRHyC • Fortalecer al área de cuencas • Fortalecer el área de Calidad del Agua • Fortalecer el área social.	AMENAZAS • Que desaparezca el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas • Que la absorba una dirección que no sea acorde a las actividades establecidas al departamento • Cambio y/o rotación de personal constante • Mejores oportunidades laborales afuera para los profesionales del DRHyC • No aumentar el personal 011 en el DRHyC • No continuar con los lineamientos al momento de cambio de gobierno o jefatura • Pérdida de información tanto digital como en físico por la cantidad que se maneja • Recorte de presupuesto hacia el DRHyC

Fuente: Elaboración propia, 2018.

7 CONCLUSIONES

1. El Departamento de Recurso Hídrico y Cuencas está conformado por 3 áreas, siendo estas el área de cuencas, calidad del agua y social. Una de las mayores actividades que realiza el DRHyC, es vigilar el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 que es el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, con actividades de monitoreos, evaluaciones, inspecciones y toma de muestra a diferentes entes generadores de aguas residuales de forma aleatoria; otra actividad que realiza es la socialización de normativas vigentes a cargo del DRHyC y capacitar con temas de recurso hídrico y cuencas hidrográficas.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales tiene convenio con el Laboratorio Nacional de Salud para el análisis de las muestras de aguas residuales, el laboratorio se ubicado en el km 22 carretera al Pacifico, Bárcenas Villa Nueva. El espacio de trabajo, el mobiliario y equipo para las 14 personas que laboran en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (año 2018) es aceptable; se tendrá inconveniente al momento de realizar nuevas contrataciones, ya que el área de trabajo asignada al Departamento no será suficiente para albergar a los nuevos ingresos. En la figura 13 se realizó un diagrama de la distribución del área asignada al Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

2. Como parte del diagnóstico al departamento, se analizaron 274 expedientes de entes generadores, siendo estos una muestra representativa. Según los resultados obtenidos indican que las descargas de aguas residuales se realizan con mayor frecuencia a los ríos, pozos de absorción y alcantarillado público; además la mayor cantidad de descarga de aguas residuales es de tipo ordinario, siendo estas aguas generadas por actividades domésticas. En relación al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 solo el 13.14 % de los expedientes de entes generadores cumplen y el 39.42 % no cumplen con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo. Dentro de los parámetros que se incumplen con mayor frecuencia son: Coliformes fecales, Color, Material flotante, Grasas y Aceites, esto se debe a que la mayoría de las descargas son de tipo ordinario.

3. Al realizar el análisis FODA se encontró que el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, no cuenta con el personal suficiente para cubrir la demanda de trabajo, para el año 2018 el departamento cuenta con 14 técnicos en oficinas centrales y 2 persona en el Laboratorio Nacional de Salud, de los cuales únicamente 4 técnicos realizan la actividad de campo. El personal asignado al departamento, son profesionales especializados en el tema de calidad del agua, cuencas hidrográficas y normativas vigentes. Los recursos asignados al departamento son suficientes para cubrir lo establecido en el POA, mas no para realizar actividades no programadas. El área de acción del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas es a nivel nacional.

8 RECOMENDACIONES

1. El Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas debe solicitar una ampliación al presupuesto asignado para poder realizar contrataciones de personal capacitado, compra de equipo e insumos necesarios, entre otros.
2. El personal a contratar para el Departamento debe tener las capacidades y conocimientos que se requiere para poder desarrollar las actividades asignadas.
3. Se recomienda realizar un análisis del área asignada al departamento, para establecer si tiene la capacidad para realizar nuevas contrataciones.
4. El personal bajo el reglón 029 se recomienda que cambien al reglón 011 para que se mantenga la estabilidad de los técnicos en el departamento.
5. El personal debe recibir capacitaciones constantes para aumentar las capacidades con relación al tema de calidad del agua y manejo integrado de cuencas.
6. Se recomienda que todo el personal del departamento se fortalezca en el aprendizaje del idioma inglés.
7. Contratar el personal necesario para poder realizar las siguientes actividades:
 - Evaluar todos los Estudios Técnicos de Aguas Residuales de las Municipalidades.
 - Tener una persona a cargo de la georeferenciación de los diferentes entes generadores monitoreados y todas las actividades de campo realizadas.
 - Realizar planes de manejo o gestiones para la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales de las microcuencas estudiadas.
 - Realizar un inventario nacional de entes generadores de aguas residuales.
 - Asignar a una persona para digitalizar e escanear todos los expedientes que existen en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.
 - Contratar profesionales para socializar y capacitar a técnicos municipales, entidades de gobiernos y sociedad civil sobre temas relacionados al recurso hídrico.

9 BIBLIOGRAFÍA

Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, Guatemala (DRHyC). (2018). *Archivo: Base de datos "Entes generadores"*. Guatemala: MARN.

Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN). (2004). *Fotografía digital aerea de la Ciudad de Guatemala: hoja no. 20591_15, escala 1:50,000*. Guatemala: IGN.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala, (MARN). (1986). *Decreto no. 68-86: Ley de Proteccion y Mejoramiento del Medio Ambiente*. Guatemala: Congreso de la República de Guatemala.

_____. (2000). *Decreto No. 90-2000: Reformas a la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto No. 114-97 del Congreso de la República*. Guatemala: Congreso de la República.

_____. (2005). *Acuerdo Ministerial No. 239-2005: Creación de la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas y la Unidad de Calidad Ambiental*. Guatemala: MARN.

_____. (2010). *Memoria de Labores del año 2010 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Guatemala: MARN.

_____. (2015a). *Acuerdo Gubernativo No. 50-2015: Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Guatemala: MARN.

_____. (2015b). *Acuerdo Ministerial No. 380-2015: Manual Administrativo del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas*. Guatemala: MARN.

_____. (2015c). *Acuerdo Ministerial No. 66-2015: Normas Operativas para el Funcionamiento del Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático*. Guatemala: MARN.

_____. (2015d). *Cuarto año de Gobierno, Memoria de labores del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Guatemala: MARN.

_____. (2016). *Primer año de Gobierno, Memoria de labores 2016 - 2017 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Guatemala: MARN.

_____. (2017a). *Acuerdo Gubernativo No. 304-2017: Reforma al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos*. Guatemala: MARN.

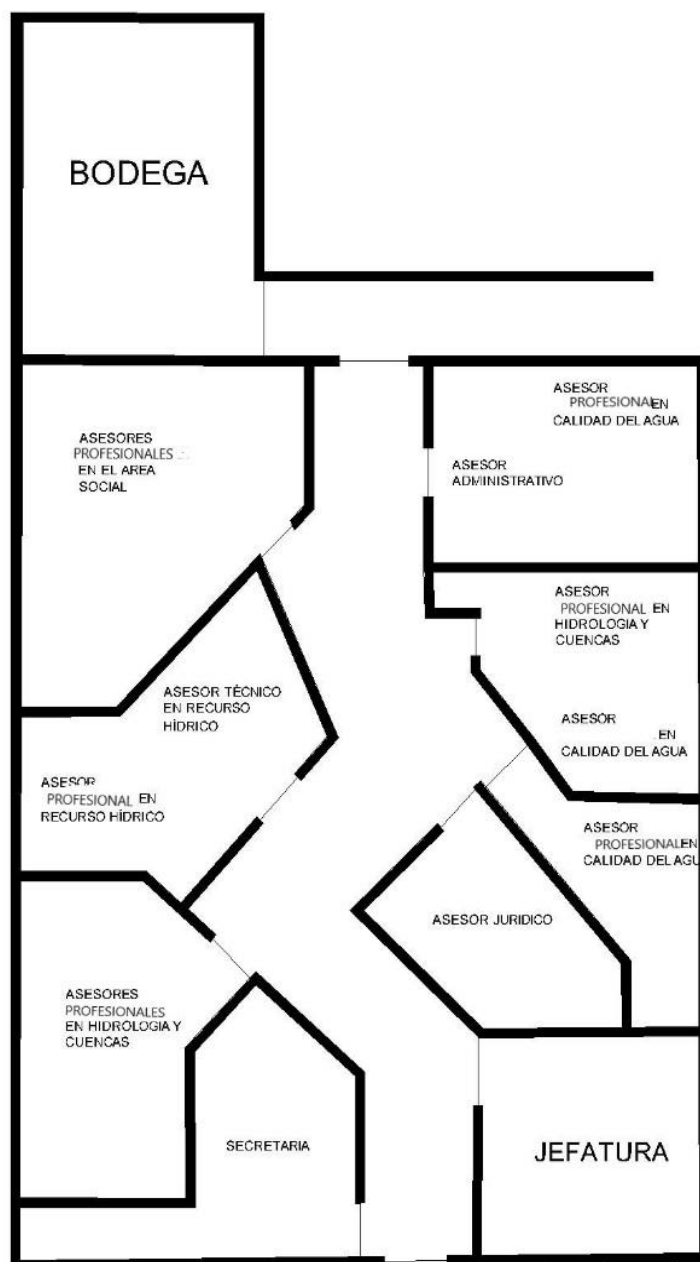
_____. (2017b). *Acuerdo Ministerial No. 8-2017: Normas Operativas para el Funcionamiento del Viveministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático*. Guatemala: MARN.

_____. (2018). *Segundo año de Gobierno, Memoria de labores 2017-2018 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Guatemala: MARN.

_____. (2019). *Tercer año de Gobierno, Memoria de labores 2018-2019 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. Guatemala: MARN.

10 ANEXOS

10.1 Croquis del área asignada al Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas



Fuente: DRHyC, 2018.

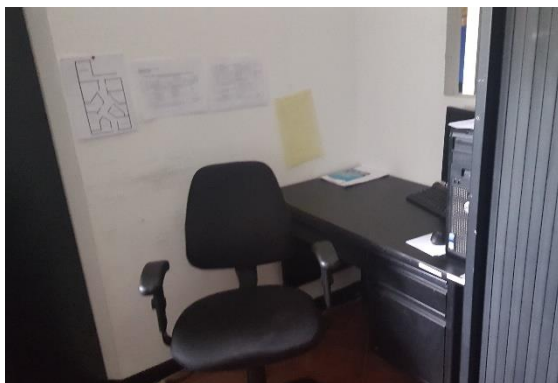
Figura 12. Distribución del área de trabajo del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

10.2 Área de trabajo del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas



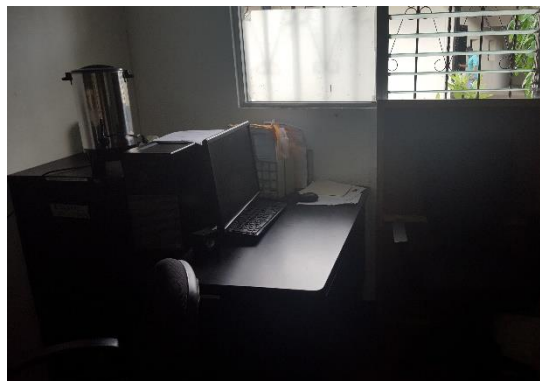
Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 14. Área de calidad del agua.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 13. Área de monitoreo.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 15. Área de monitoreo.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 16. Jefatura.

10.3 Acuerdo Ministerial No. 8-2017



ACUERDO MINISTERIAL NÚMERO 8-2017

Guatemala, 6 de enero de 2017

EL MINISTRO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CONSIDERANDO

Que el artículo 194 literales a), f), i), de la Constitución Política de la República de Guatemala, establece que, el Ministro debe ejercer jurisdicción sobre todas las dependencias de su Ministerio, dirigir, tramitar, resolver e inspeccionar todos los negocios relacionados con su Ministerio, y velar por el estricto cumplimiento de las leyes y la probidad administrativa, así mismo de conformidad con lo que para el efecto regula el artículo 27 literal m), de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97, del Congreso de la República de Guatemala, es atribución del Ministro dictar los Acuerdos, Resoluciones, Circulares y otras disposiciones relacionadas con el despacho de los asuntos de su ramo, conforme la Ley.

CONSIDERANDO

Que el artículo 5, del Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, contenido en el Acuerdo Gubernativo número 50-2015, establece en su literales c), d) y e), como función del Ministro, "Dictar disposiciones para descentralizar y desconcentrar actividades, funciones y procesos técnico administrativos; suscribir cuando estime necesario convenios administrativos; aprobar los diversos manuales organizativos y operativos y emitir disposiciones internas; Dirigir, tramitar, resolver e inspeccionar las acciones relacionadas con su Ministerio; Crear, suprimir, fusionar, reestructurar, dirigir y coordinar unidades y dependencias administrativas del Ministerio, así como administrar sus recursos financieros, humanos y físicos, ejerciendo la potestad de gobierno y en consecuencia disponiendo la actividad de los medios personales y utilización de los medios materiales", así mismo el artículo 33, del mismo cuerpo normativo determina, "El Ministerio, por medio de acuerdos ministeriales emitirá las normas operativas de los órganos establecidos en este reglamento y otras ordenanzas para el cumplimiento de sus funciones".

POR TANTO

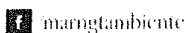
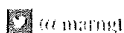
En ejercicio de las funciones que establecen los artículos, 194 de la Constitución Política de la República de Guatemala; 27 literales a), f) y m) de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97 del Congreso de la República de Guatemala; 5 y 33 del Acuerdo Gubernativo 50-2015, Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

ACUERDA

EMITIR LAS NORMAS OPERATIVAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL VICEMINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y CAMBIO CLIMÁTICO DEL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Artículo 1. De conformidad con las funciones establecidas en el Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales contenido en el Acuerdo Gubernativo número 50-2015,

20 Calle 28-58, zona 10, Edificio MARN. Ciudad Guatemala. Teléfono (502) 2423-0500



www.marn.gob.gt





el Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático del referido Ministerio, será el responsable de la coordinación, integración, implementación y supervisión de las actuaciones, de las siguientes dependencias: 1. Unidad de Información Ambiental y Cambio Climático; 2. Dirección de Cambio Climático; y, 3. Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos.

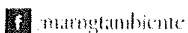
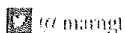
Capítulo I

Unidad de Información Ambiental y Cambio Climático

Artículo 2. La Unidad de Información Ambiental y Cambio Climático, se encontrará adscrita al Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y tendrá las siguientes funciones:

- a) Administrar el Sistema de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- b) Administrar el Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático.
- c) Definir los procedimientos de recopilación, procesamiento, análisis, actualización, mantenimiento, uso y almacenamiento e información del Sistema de Información Ambiental, no solo al interior del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, sino también con instituciones afines.
- d) Definir los parámetros, variables, indicadores, informes, base de datos y arquitectura del Sistema de Información Ambiental, sus aplicaciones informáticas y protocolos de intercambio de información y coordinación con las dependencias relacionadas, y así como del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático.
- e) Coordinar con las redes de información ambiental y otras establecidas en el país para la alimentación del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático.
- f) Coordinar con la Dirección de Informática del Ministerio el desarrollo de procesos, administración, información y otras que coadyuven a la mejora de las funciones de ambas dependencias del Ministerio.
- g) Compartir los procedimientos de intercambio de datos normados por el Sistema de Información Ambiental y por el Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático, con las otras dependencias del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales e instituciones vinculadas a ambos sistemas.
- h) Coordinar el desarrollo de manuales e instructivos para que los procedimientos de ambos Sistemas se desarrollen de una manera eficaz.
- i) Cualquier otra que sea asignada por el Despacho Superior del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

20 Calle 28-58, zona 10, Edificio MARN. Ciudad Guatemala. Teléfono (502) 2423-0500



www.marn.gob.gt





- l) Emitir opiniones técnicas en el ámbito de su competencia.
- m) Cualquier otra que sea asignada por el Despacho Superior del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Capítulo III

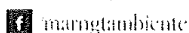
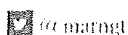
Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos

Artículo 4. La Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos, se encontrará adscrita al Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y para el cumplimiento de sus fines se conformará con los siguientes Departamentos:

1. Departamento de Ecosistemas, el cual tendrá las siguientes funciones:

- a) Promocionar y facilitar la gestión, en el ámbito nacional y regional, del Corredor Biológico Mesoamericano como una Estrategia Ambiental Regional.
- b) Apoyar la gestión integrada de los Ecosistemas Marino Costeros, en el marco de la implementación de la Política para el Manejo Integral de las Zonas Marino Costeras de Guatemala y el Decreto 7-2013.
- c) Fortalecer la estructura del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para la atención de zonas marino costera.
- d) Realizar la gestión institucional del patrimonio natural, promoviendo la participación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en los espacios de gestión nacional e internacional vinculados a la protección y sostenibilidad de los recursos naturales.
- e) Facilitar y promover la coordinación y alianzas entre instancias y actores claves para la ejecución de una adecuada gestión de ecosistemas con énfasis en los considerados estratégicos para el país.
- f) Promover la sinergia entre las dependencias que tengan puntos focales de las Convenciones Internacionales Ambientales, así como la promoción de programas, proyectos e iniciativas nacionales.
- g) Promover y facilitar la participación de los actores locales para la gestión de procesos nacionales en la protección y sostenibilidad de los ecosistemas.
- h) Promover y facilitar la gestión de los bienes y servicios ambientales, especialmente la valoración y la investigación, de manera que apoyen la visión nacional del desarrollo sostenible.
- i) Emitir opiniones técnicas en el ámbito de su competencia.
- j) Cualquier otra que sea asignada por el Despacho Superior del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

20 Calle 28-58, zona 10, Edificio MARN. Ciudad Guatemala. Teléfono (502) 2423-0500



www.marn.gob.gt





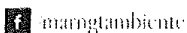
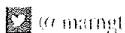
2. Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, el cual tendrá las siguientes funciones:

- a) Ejercer en coordinación con la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, las acciones de vigilancia y seguimiento contenidas en las regulaciones vigentes sobre aguas residuales.
- b) Promover la gestión integral del recurso hídrico, dentro del ámbito de competencia del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- c) Promover el manejo sustentable y la protección de cuencas hidrográficas.
- d) Coadyuvar en la implementación de políticas para la gestión integrada del recurso hídrico y el manejo sustentable de cuencas hidrográficas.
- e) En coordinación con la Dirección de Formación y Participación Social, realizar capacitaciones a nivel nacional sobre temas ambientales y especialmente sobre recursos hídricos y cuencas hidrográficas.
- f) Planificar y realizar en coordinación con otras dependencias del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y entidades del Sector Público con competencia en el tema, un inventario nacional de fuentes de agua y su uso.
- g) Planificar y realizar un inventario nacional de entes generadores de aguas residuales y su uso.
- h) Realizar la administración técnica de los programas o proyectos estratégicos que el Despacho Ministerial le asigne.
- i) Emitir opiniones y dictámenes técnicos sobre temas vinculados a los recursos hídricos y cuencas hidrográficas.
- j) Cualquier otra que sea asignada por el Despacho Superior del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

3. Departamento de Lucha Contra la Degradación de Tierras, la Desertificación y la Sequía en Guatemala, el cual tendrá las siguientes funciones:

- a) Promover y facilitar la implementación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD por sus siglas en inglés), la Política, así como del Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Degradación de Tierras, la Desertificación y la Sequía en Guatemala, en coordinación con instituciones nacionales y de cooperación internacional vinculadas al tema.
- b) Coordinar con las instituciones nacionales y de cooperación internacional, todas las acciones estratégicas y operativas que tiendan a la implementación efectiva en el país de la Convención y del Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Degradación de Tierras, la Desertificación y la Sequía en Guatemala.

20 Calle 28-58, zona 10, Edificio MARN. Ciudad Guatemala. Teléfono (502) 2423-0500



www.marn.gob.gt





CAPÍTULO II

**PROPUESTA DE LINEAMIENTOS DE MANEJO DEL RECURSO HÍDRICO
SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DE LA PARTE ALTA DEL RÍO XALTAYÁ,
MUNICIPIO DE SANTIAGO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE
SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

**PROPOSAL FOR MANAGEMENT GUIDELINES FOR THE SURFACE WATER
RESOURCES OF THE MICROCUENCA OF THE HIGH PART OF THE XALTAYA
RIVER, MUNICIPALITY OF SANTIAGO SACATEPEQUEZ, DEPARTMENT OF
SACATEPEQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

1 PRESENTACIÓN

La presente investigación se realizó en la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, ésta pertenece a la subcuenca del río Pixcayá, de la cuenca del río Motagua, perteneciendo a la vertiente del Mar Caribe. Se ubica a 31 km de la ciudad capital y se encuentra dentro de la jurisdicción del municipio de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez.

Las poblaciones principales que se encuentran dentro de la microcuenca es la Aldea Santa María Cauqué y Pachalí, caseríos El Manzanillo y Chixolís, así como el casco urbano de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas. Entre las problemáticas identificadas en la microcuenca, está la contaminación del recurso hídrico por vertimiento de aguas residuales y desechos sólidos, este último derivados del establecimiento de basureros no autorizados por la municipalidad, además del avance acelerado de la frontera agrícola y urbana. La microcuenca tiene un área superficial de 31.91 km², en donde el 31 % es utilizada para el cultivo de hortalizas, 29.26 % en cobertura boscosa mixta y 27.20 % en centros poblados, en donde el 19.07 % de área total es sobre utilizado, 53.08 % es utilizado correctamente y solo el 0.06 % es sub utilizado.

La red hídrica que conforma la parte alta de la microcuenca, es el río Xaltayá, a este cauce lo abastece el río Chinimayá y río Chiplátanos además de riachuelos y quebradas. La calidad del agua del río Chiplátanos según estudios de laboratorio realizados indican que es apto para consumo humano, siempre que se potabilice la misma, los beneficios al utilizar el cauce del río Chiplátanos es que tiene un caudal promedio de 0.10 m³/s anual; además el caudal promedio de salida anual de la microcuenca es de 0.47 m³/s, siendo equivalente a una lámina de escurrimiento de 462.43 mm anuales y el caudal unitario en la microcuenca es de 14.66 L/s/km². Al efectuar el balance hidrológico de la microcuenca dio un déficit de 37.13 mm.

Esta investigación permitió la generación de información básica sobre el recurso hídrico superficial en la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, con la finalidad de establecer lineamientos de manejo y conservación del recurso hídrico en la microcuenca.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El recurso hídrico a nivel mundial ya pasó a formar parte de los temas de interés de las diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, debido a la disponibilidad de dicho recurso. Esta problemática está afectando a los países en desarrollo y vías de desarrollo. Guatemala tiene gran potencial hídrico, según balance hídrico nacional del 2003, el INSIVUMEH reportó una disponibilidad hídrica de 93,338 millones de m³, a pesar de ser un país con potencial hídrico, inicia a sufrir presión sobre dicho recurso, ya que las causas principales además del mal uso y contaminación es la deforestación de las partes altas de las cuencas o zonas de recarga hídrica, cambió al uso de la tierra, sustituyendo áreas boscosas por cultivos limpios, como granos básicos, hortalizas, pastoreo, entre otras.

Según SEGEPLAN (2010), uno de los principales problemas dentro de la microcuenca es la baja aceptación del tren de aseo municipal y/o privado, esto derivado por los costos del servicio, esto ha generado el establecimiento de basureros clandestinos en zonas no habitadas. Muchos de los basureros clandestinos se encuentran a la ribera de los ríos Chiplátanos, río Chinimayá y río Xaltayá, provocando la alteración de la calidad del recurso hídrico con desechos sólidos; además del vertimiento de aguas residuales.

La microcuenca de la parte alta del río Xaltayá es receptor de las descargas de aguas residuales de los municipios de San Bartolomé Milpas Altas y Santiago Sacatepéquez; así como de las industrias establecidas sobre la carretera interamericana, esto esta causado problemas de contaminación y pérdida de las fuentes de aguas superficiales. En la microcuenca existe una alta demanda del recurso hídrico por la alta población que esta establecida y las actividades económicas que realizan.

Por falta de gestión, manejo y conservación del recurso hídrico, se está deteriorando la calidad del mismo, por los altos niveles de contaminación (desechos sólidos, aguas residuales) que se encuentran dentro de la microcuenca; por lo que la falta de información, es un factor por tanto no se pueden realizar planes de manejo de la misma.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Recurso hídrico en Guatemala

Guatemala es uno de los países con la disponibilidad y oferta del recurso hídrico, esto es por las características geográficas, geológicas y orográficas.

El país se encuentra dividido por 3 vertientes de escurrimiento superficial, siendo estas: Vertiente del Pacífico (23,990 km²), Vertiente del Atlántico o Caribe (34,259 km²), y Vertiente del Golfo de México (50,640 km²), siendo esta última de mayor extensión y de mayor caudal promedio (1,672 m³/s). Según la Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA) (2009), Guatemala tiene como recurso hídrico a siete lagos, 19 lagunas costeras, 49 lagunas, 109 lagunetas, siete embalses y tres lagunas temporales, distribuidas en las 38 cuencas hidrográficas del país.

El agua en Guatemala se emplea en la agricultura, industrial, uso doméstico, recreación, actividades pesqueras, turismo, transporte y en algunos casos para conservación de biodiversidad (IARNA, 2009).

3.1.2 Problemas de deterioro del recurso hídrico en Guatemala

En el Informe Ambiental del Estado de Guatemala publicado en el año 2009, indica que existen problemas de contaminación relacionadas con el recurso hídrico, esto a causa del crecimiento acelerado de la población, su progresiva concentración en los centros urbanos, el cambio en los patrones de producción y consumo sin consideraciones ambientales, por ende la calidad del recurso hídricos se ve afectado (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2009). Guatemala es uno de los países que cuenta con una amplia disponibilidad anual de este recurso superando la demanda actual, variando en distintas zonas del país y en diferentes épocas del año. En la época seca todo el altiplano, costa del Pacífico y el norte de Petén son zonas con demandas superiores a la oferta y con caudales muy reducidos, esto a causa de las actividades agrícolas (MARN, 2009).

En relación a la contaminación de los cuerpos de agua, El Informe Ambiental del Estado de Guatemala, indica que la contaminación del agua en las distintas cuencas del país se debe a fuentes puntuales, siendo estas aguas residuales de tipo doméstica e industriales y agroindustriales, así mismo las fuentes no puntuales siendo estas la erosión del suelo con agroquímicos.

Las aguas residuales es el factor que causa mayor problema de contaminación al ambiente, las cuales son vertidas casi en su totalidad sin tratamiento a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, la cobertura de alcantarillado es aún insuficiente, sobre todo, en el área rural y gran parte de los residuos dispuestos en las redes de alcantarillados no son tratados. Los químicos usados en procesos industriales, cuya importación ha aumentado, representan una fuerte presión hacia el sistema hídrico del país. Todo esto está causando la disminución de fuentes para suministrar agua para consumo humano, uso recreativo, industrial y para otros fines (MARN, 2009).

3.1.3 Gestión integral del recurso hídrico (GIRH)

La Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLA) (2007), indica que la GIRH trata de integrar visiones, actores y sectores; uso, aprovechamiento y obligaciones de conservación; el manejo de las aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas la cantidad, calidad y comportamiento y su relación con los otros recursos naturales, la sociedad, la economía y el ambiente, además vincular su gestión a los objetivos y metas de las políticas públicas.

Los poblados utilizan el recurso hídrico acorde a las necesidades y en su aprovechamiento se altera el ciclo hidrológico; estos cambios afectan la disponibilidad como la calidad del recurso hídrico. Actualmente se proponen diferentes acciones para solucionar problemáticas en relación al recurso hídrico, siendo una de estas la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y se define como un proceso de promover el manejo y el 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.

3.1.4 Caracterización y diagnóstico de una cuenca

La caracterización de una cuenca se define como un inventario detallado de los recursos, las condiciones biofísicas, socioeconómicas, ambientales y gestión de riesgo de una cuenca, subcuenca o microcuenca y sus interrelaciones (Palacios Ruiz, 2016).

En algunas ocasiones la caracterización y diagnóstico de la microcuenca, analiza las organizaciones, lo político-administrativo, extensión territorial y aspectos relativos a las características morfométricas, climáticas, hidrológicas, uso de los suelos, evaluación de la tierra, biodiversidad y recursos forestales.

El Diagnóstico se define como un paso previo al inicio de nuevas actividades o proyectos, que nos permite conocer los aspectos biofísicos, socioeconómicos y ecológicos que existen en una microcuenca o cuenca. Al obtener esta información, considerando a la cuenca como un sistema en donde tiene entradas y salidas y dentro de ella se dan relaciones diferentes y dinámicas, se pueden plantear metodologías a emplear (Palacios Ruiz, 2016).

3.1.5 Plan de manejo de cuencas

Se les denomina instrumentos directrices para ordenar las acciones que requiere una cuenca hidrográfica, para lograr un uso sostenible de sus recursos naturales. El proceso importante al inicio de la planificación es identificar el objetivo del manejo de la cuenca, obteniendo dicha información en el diagnóstico y caracterización. El manejo de cuencas hidrográficas es un tipo de conservación de suelos (Palacios Ruiz, 2016).

En el cuadro 4, se presenta la relación entre criterios, situaciones y enfoques de manejo de cuenca, indicando que los 3 criterios han de considerarse en la elaboración de un plan de manejo es lo ecológico, social y económico.

Cuadro 4. Relación entre criterios, situaciones y enfoques de manejo de cuencas.

CRITERIOS	SITUACIONES	ENFOQUES
Ecológico	Deforestación	• Agua • Suelo • Forestal • Recursos naturales • Conservación • Sostenibilidad • Ambiental • Uso múltiple • Manejo integral
	Inundaciones	
	Quemas	
	Contaminación	
	Salinización	
	Erosión	
	Acidificación	
	Compactación	
	Baja fertilidad del suelo	
	Sequía y aridificación	
Social	Pobreza	• Educación ambiental • Transferencia de tecnología • Extensión • Sectorial • Desarrollo rural • Manejo integral • Incidencia • Asociatividad
	Baja calidad de vida	
	Falta de organización	
	Inseguridad	
	Procesos sin participación	
	Falta de asistencia técnica	
	Ausencia de leyes	
	Falta de voluntad política	
	Tenencia de la tierra	
Económico	Baja productividad	• Desarrollo rural • Desarrollo económico • Agronegocios • Sectorial • Manejo integral
	Baja rentabilidad	
	Acceso al crédito	
	Falta de incentivos	
	Valor agregado incipiente	
	Mercado	

Fuente: World Visión, 2004.

3.1.6 Manejo de cuencas

El manejo de cuenca es el arte y la ciencia de manejar los recursos naturales de una cuenca con el fin de controlar la descarga de agua en calidad, cantidad y tiempo de ocurrencia. Con el paso del tiempo el concepto cambió al tomar otros parámetros para el manejo de la cuenca, quedando el concepto de la siguiente manera: El manejo de cuencas es el conjunto de técnicas que se aplican para el análisis, protección, rehabilitación, conservación y uso de la tierra de las cuencas hidrográficas con el fin de controlar y conservar el recurso agua que proviene de las mismas (Fión Morales, 1993).

3.2 Cuenca hidrográfica

3.2.1 La cuenca como sistema

La cuenca como sistema indica, que la misma está conformada por componentes biofísicos (suelo, agua), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales e institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (Ramakrishna, 1997).

Los recursos naturales (agua, suelo, flora y fauna) de la cuenca son renovables si pueden reemplazarse por vía natural o mediante la intervención humana; por el contrario no son renovables cuando se les puede reemplazar en un período de tiempo significativo, en forma de las actividades humanas a que están sometidos (Ramakrishna, 1997).

Los subsistemas que se pueden encontrar en una cuenca son: Biológico (forestal), Físico (suelo), Económico (producción agrícola) y Social (comunidades).

3.2.2 Definición de cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica se define como el área natural en la que el agua que proviene de la precipitación, forma un curso principal de agua, esta se encuentra delimitada por las partes altas naturales, llamándose montañas. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica por el conjunto de sistemas de cursos de agua, definido por el relieve. Los límites de la cuenca o parte de aguas se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Ramakrishna, 1997).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluye el agua (río principal, lago o mar). La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o parte de ella; además interactúan diversos elementos como lo es la fauna, flora, establecimiento de comunidades, entre otros (Ramakrishna, 1997).

3.2.3 Parte aguas

La parte aguas es la línea entre cuencas, subcuencas o micro cuencas, no es mas que los límites determinados por las partes más altas del área y que separan la dirección del flujo de la escorrentía superficial (Herrera Ibáñez, 1995).

3.2.4 Microcuenca hidrográfica

Se define como una unidad pequeña de estudio, donde se interaccionan todos los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación. La microcuenca por ser un área pequeña, posee comunidades con intereses comunes, por lo tanto la participación de autoridades y usuarios de servicios y recursos sea posible la planificación de acciones directas para la planificación del uso y manejo de los recursos naturales (FAO, 2008).

3.2.5 Componentes socioeconómico

Los componentes Socioeconómicos están determinados por la estructura social, siendo esta una población con una organización y una tecnología, que vive y se desarrolla en un medio ambiente (García Olivera, 2011).

En el cuadro 5, se indican algunos criterios y variables ha considerar en el análisis socioeconómico, donde las actividades productivas que se desarrollan en el área de estudio, los usuarios del agua, el grado de organización de los mismos y la situación institucional de la gestión del recurso, determinan el grado de presión sobre el recurso hídrico y permite a la vez la generación de información estadística para utilizarlos en proyecciones a futuro.

Cuadro 5. Criterios y variables utilizadas en el análisis socioeconómico.

Aspecto	Criterios	Variables		Ejes Transversales
Socio económico	Social	❖ Población ❖ Educación ❖ Salud ❖ Agua y Saneamiento ❖ Vivienda ❖ Seguridad Alimentaria y Nutricional	❖ Distribución de Roles ❖ Relación con los recursos naturales ❖ Aspectos culturales que afectan el acceso, uso y control	Género
	Económico	❖ Tenencia de la Tierra ❖ Ingresos ❖ Infraestructura Productiva ❖ Producción		

Fuente: García Olivera, 2011.

3.2.6 Componentes biofísicos

Como parte de los componentes principales que se encuentran dentro de las cuencas hidrográficas son los recursos naturales y uso de los mismos, la mayoría de esta información se tiene que corroborar en campo, con los caminamientos respectivos. En el cuadro 6, se indican los principales criterios y variables a utilizar en el análisis biofísico.

Cuadro 6. Principales criterios y variables utilizadas en el análisis biofísico.

Aspecto	Criterios	Variables		Eje transversal
Biofísico	Uso de Suelos	❖ Uso Actual ❖ Uso Potencial ❖ Confrontación de Usos		Amenazas naturales (Gestión de riesgo)
	Recursos Hídricos	❖ Disponibilidad de Agua ❖ Demanda de Agua ❖ Calidad del Agua ❖ Recarga Hídrica	❖ Deslaves ❖ Inundaciones ❖ Incendios Forestales ❖ Plagas y Enfermedades Forestales	
	Recursos de Biodiversidad	❖ Biodiversidad ❖ Áreas Protegidas ❖ Zonas de Vida		

Fuente: García Olivera, 2011.

3.2.7 Uso de la tierra

Una parte muy importante del diagnóstico realizado a una microcuenca es el uso que se le está dando a la tierra. Por el aumento de la población el desplazamiento de bosques cada vez es más común. El cambio de uso de la tierra es la sustitución de una especie para implementar por otra, como ejemplo se tiene el cambio de áreas boscosas por áreas agrícolas.

3.2.8 Capacidad de uso de la tierra

Para realizar el mapa de Capacidad de uso de la tierra, se utilizó la clasificación del USDA.

A. Clasificación de tierras por capacidad de uso. Metodología del USDA

Las clases de capacidad son grupos de subclases o unidades que presentan el mismo grado relativo de riesgos o limitaciones. Los riesgos de daños al suelo o limitaciones del suelo en cuanto al uso aumentan progresivamente de la clase I a la VIII (FAUSAC, 2008).

La clasificación por capacidad provee tres categorías de grupos, siendo estos: clase, subclase, unidades de capacidad.

- I. Terrenos adecuados para cultivos agrícolas, pastos y bosques
- II. Tierras con algunas limitantes que reducen la elección de plantas o requieren prácticas ligeras de conservación.
- III. Tierras con severas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren prácticas especializadas de conservación o ambas.
- IV. Tierras con limitantes muy severas que restringen la elección de cultivos o requieren de un manejo muy cuidadoso o ambos.
- V. Terrenos para pastos y bosques, generalmente no apto para cultivos.
- VI. Tierras con limitaciones severas que los hacen no aptos para su aprovechamiento bajo cultivos, pero que pueden ser utilizados en la producción de pastos, árboles o vida silvestre o cultivos especiales en coberturas.
- VII. Tierras con limitaciones muy severas que los hacen no aptos para cultivos y restringen su uso a la producción de pastos o árboles o vida silvestre.
- VIII. Tierras con limitaciones tales que únicamente pueden ser utilizados para recreación o vida silvestre o abastecimiento de agua o propósitos estéticos. (FAUSAC, 2008)

Las subclases de capacidad, es un agrupamiento de unidades que tienen factores con limitaciones y riesgos. Se reconocen cuatro clases generales de limitaciones: erosión, exceso de agua, limitaciones en la zona radicular, clima y pendiente.

3.2.9 Caracterización de suelos

Es una de las fases de importancia a la hora de realizar un diagnóstico a nivel de cuenca. Entre una de las metodologías que se utilizan para realizar esta caracterización es la propuesta por el IGAC, la cual se representa por letras, rango de pendientes, números arábigos que constituyen los grados de erosión y en algunas ocasiones la letra minúscula (x) que indica mal drenaje y/o la letra minúscula (p) que da referencia a pedregosidad superficial (IGAC, 2010).

Las escalas utilizadas en el relieve se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Escala utilizada para el relieve.

PENDIENTE		CALIFICACION DEL RELIEVE	EROSION		PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL	MAL DRENAJE
SÍMBOLO	PORCENTAJE (%)		SÍMBOLO	GRADO		
a	0 – 3	Plano a ligeramente plano	1	Ligera	P	X
B	3 – 7	Ligeramente inclinado				
c	7 - 12	Moderadamente inclinado	2	Moderada		
d	12 - 25	Muy inclinado				
e	25 - 50	Moderadamente escarpado	3	Severa		
f	50-75	Escarpado				

Fuente: IGAC, 2010.

3.2.10 Intensidad del uso de la tierra

Se relaciona al uso actual que se está utilizando al suelo en relación a su capacidad de uso de la tierra. La intensidad del Uso de la Tierra se divide en 3 categorías:

- A. Sobreuso de la tierra:** Uso se una unidad de tierra a una intensidad mayor a la que soporta en términos físicos.
- B. Sub-uso de la tierra:** Uso de una unidad de tierra a una intensidad menor que la que es capaz de soportar en términos físicos.
- C. Uso correcto de la tierra:** Uso que indica que no hay discrepancia entre la capacidad de uso de la Tierra y el uso que actualmente se le está dando.

3.3 Aspectos morfométricos

Los datos morfométricos de una cuenca (factores y coeficientes) reflejan las características físicas y su drenaje, siendo de gran utilidad para establecer comparaciones entre cuencas y con ello tomar decisiones de suma importancia en el manejo sostenible de los recursos naturales (Herrera Ibáñez, 1995).

Los conceptos morfométricos que a continuación se describen fueron tomados del manual de hidrología de Herrera Ibáñez (1995), y se enumeran de acuerdo al orden de determinación de cada parámetro considerado según la metodología del manual.

3.3.1 Delimitación de la cuenca

El trazo de la cuenca, se efectúa trazando el parte aguas a partir de la estación de aforo, trazando la línea sobre la parte más alta, la que se volverá a cruzar en el punto de aforo.

3.3.2 Identificación de corrientes

Existen 3 órdenes de corrientes, dependiendo de la presencia o ausencia de agua que presentan en las distintas épocas del año.

A. Permanente

Este tipo de corriente contiene agua toda la época del año, ya que aún en época de sequía es abastecida continuamente, pues el nivel freático siempre permanece por arriba del fondo del cauce.

B. Intermitente

Es aquella clase de corriente que lleva agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en época de lluvias; su aporte cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.

C. Efímera

Es aquella corriente que solo lleva agua en época de lluvia, corriente típica de zanjones y surcos (Herrera Ibáñez, 1995).

3.3.3 Aspectos lineales de la cuenca

A. Perímetro de la cuenca

Herrera Ibáñez (1995), indica que el perímetro de una cuenca no es mas que la longitud de la cuenca delimitada, determinada sobre la linea que indica el parte aguas de la cuenca y regularmente es determinado mediante técnicas analíticas como digitales.

B. Identificación de corrientes

Se realiza la identificación de las corrientes dentro de la delimitación de la cuenca, encontrando corrientes de tipo permanentes, intermitente y efímeras.

C. Orden de corrientes

Herrera Ibáñez (1995), indica que el orden de corrientes es la medida de las ramificaciones del cauce principal en una cuenca hidrográfica, y el número de orden va con relación al número de bifurcaciones de una corriente.

El Orden de la cuenca está dado por el orden del cauce principal.

- Corrientes de primer orden: pequeños canales que no tienen tributario
- Corrientes de segundo orden: dos corrientes de primer orden se unen
- Corrientes de tercer orden: dos corrientes de segundo orden se unen
- Corrientes de orden $n+1$: dos corrientes de orden n se unen

Entre más alto es el orden de la cuenca, indica un drenaje más eficiente que desalojará rápidamente el agua.

D. Gráfica log Nu. vrs u

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

Donde:

Nu = Número de corrientes de orden u

u = Orden de una corriente.

E. Radio de bifurcación medio

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

Nu = Número de corrientes de origen u

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

i = Número de relaciones

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

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

F. Longitud media de corrientes (Lū)

Es un indicador de pendientes de las cuencas, donde las corrientes con longitudes cortas reflejan pendientes muy escapadas y las corrientes con longitudes largas van a reflejar pendientes suaves o planas (Herrera Ibáñez 1995).

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

G. Gráfica log Lu vrs u

Debe ser una relación de sentido positivo, donde la gráfica debe coincidir con una recta. Se coloca en el eje las abscisas "u" (orden de corrientes) y en el eje de las ordenadas "Log Lu" (Longitud media de corrientes), en papel semilogarítmico. Si los puntos ploteados, no dan una línea recta, es decir, que existen quiebres, por lo tanto, significa que no se determinaron correctamente longitudes de los órdenes (Herrera Ibáñez 1995).

H. Radio de longitud medio (R^{-L})

$$RL = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{Lu}{\frac{L(u-1)i}{n}}$$

I. Longitud acumulada de corrientes (La)

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

n = Número de corrientes de orden u

m = Número de ordenes corrientes

Lu = Longitud media de las corrientes de orden u

Nu = Número de corrientes de orden u

3.3.4 Aspectos de superficie

Estos aspectos combinados con los lineales indican una clara idea de las características de la cuenca en general.

A. Área de la cuenca (A_k)

Este aspecto, indica la superficie del área drenada, desde donde nace el cauce principal hasta el sitio donde se encuentra la estación medidora de caudal que va a servir de base para el estudio hidrológico de la cuenca y cubre el perímetro de la cuenca, generalmente, se indica en kilómetros cuadrados o hectáreas (Herrera Ibáñez, 1995).

B. Relación de forma (R_f)

La forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrógramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo. La mayoría de las cuencas mantienen la forma de una pera; sin embargo, los controles geológicos conducen a numerosas variaciones a partir de esta forma. La relación de forma sugirió por un factor adimensional de forma " R_f " como índice de la forma, la cual se obtiene con la siguiente ecuación (Herrera Ibáñez, 1995).

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

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

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

Se tienen valores diferentes de relaciones de forma, según forma geométrica de la cuenca, donde para un círculo es de 0.79; para un cuadrado, con la salida en el punto medio de uno de lados igual a 1, y para el cuadrado con la salida en una esquina igual a 0.5; por lo que generalmente las cuencas ovaladas tienen valores alrededor de 0.4 a 0.5 y en las cuencas largas tienen relaciones de forma menores de 0.3 (Herrera Ibáñez, 1995).

C. Relación circular (Rc)

$$Rc = \frac{Ak}{Ac}$$

Donde:

Ak = Área de la cuenca en estudio

Ac = Área de un círculo de perímetro igual al de la cuenca

- **Perímetro de un círculo (Pc)** $Pc = 2\pi r = \pi d$

- **Área de un círculo (Ac)** $Ac = \frac{\pi d^2}{4} = \pi r^2$

Donde:

r = Radio

d = Diámetro

D. Radio de elongación (Re)

$$Re = \frac{\varnothing CA}{Lc} \quad Ac = \frac{\pi d^2}{4} \quad d = \sqrt{\frac{4Ac}{\pi}}$$

Donde:

$\varnothing CA$ = Diámetro de un Círculo de área igual al de la cuenca

Lc = Longitud del cauce principal

E. Densidad de drenaje (D)

Es una característica física importante, que se debe tener en cuenta al hacer la evaluación hidrológica de una cuenca. Está es indicativa de la relación entre infiltración y escorrentía, es decir, de las condiciones de permeabilidad de acuerdo a la textura del suelo (Herrera Ibáñez, 1995).

Por densidad de drenaje indica, la mayor o menor facilidad que tiene una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de precipitaciones y que quedan sobre la superficie de la tierra, debido al grado de saturación de las capas del subsuelo.

La longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por el área total de drenaje, define la densidad de drenaje o longitud de canales por unidad de área (Herrera Ibáñez, 1995).

$$D = \frac{La}{Ak} = \frac{Km}{Km^2}$$

Donde:

La = Longitud acumuladas de las corrientes, en km.

Ak = Área de la cuenca, en km²

Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta (Herrera Ibáñez, 1995).

F. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)

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

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

Donde:

Ntc = número total de corrientes.

Ak = área de la cuenca, en km²

3.3.5 Aspectos de relieve

La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma de la misma. En vista de que con el aumento de la pendiente crece también la velocidad del agua y con ello la capacidad de erosión, es necesario buscar un coeficiente que caracterice el relieve de la cuenca. Por lo tanto los aspectos de relieve, se refieren al comportamiento altitudinal tanto lineal como de superficie de la cuenca (Herrera Ibáñez, 1995).

A. Pendiente media de la cuenca (Sc)

Dada la variación de pendiente del terreno en una cuenca típica, es necesario definir un índice promedio que la represente, cuya precisión dependerá de la calidad del mapa utilizado (cuadro 8). Este aspecto, tiene una relación importante con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea (Herrera Ibáñez, 1995).

$$Sc = \left(\frac{D * L}{Ak} \right) * 100$$

- Método de Alvord

Donde:

D = Diferencia vertical entre curvas de nivel.

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

Cuadro 8. Simbología utilizada para la caracterización del relieve.

Pendientes medias (%)	Relieve	Símbolo
0 - 12	Suave	P1
12 - 25	Moderada	P2
25 - 50	Pronunciada	P3
50 - 75	Muy Pronunciada	P4
Mayor de 75	Escarpado	P5

Fuente: Herrera Ibáñez, 1995.

B. Pendiente del canal o cauce principal

La pendiente de un canal influye sobre la velocidad de flujo, y debe jugar un papel importante en la forma del hidrográma. Los perfiles típicos de los cauces naturales, son cóncavos hacia arriba; además, todas las cuencas, con excepción de las más pequeñas, tienen varios canales cada uno con un perfil diferente (Herrera Ibáñez, 1995).

- **Método analítico**

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

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

Donde:

ΔH = Diferencia de nivel entre la curva más alta y la baja que toca el cauce principal.

dH = Longitud o distancia horizontal del cauce principal.

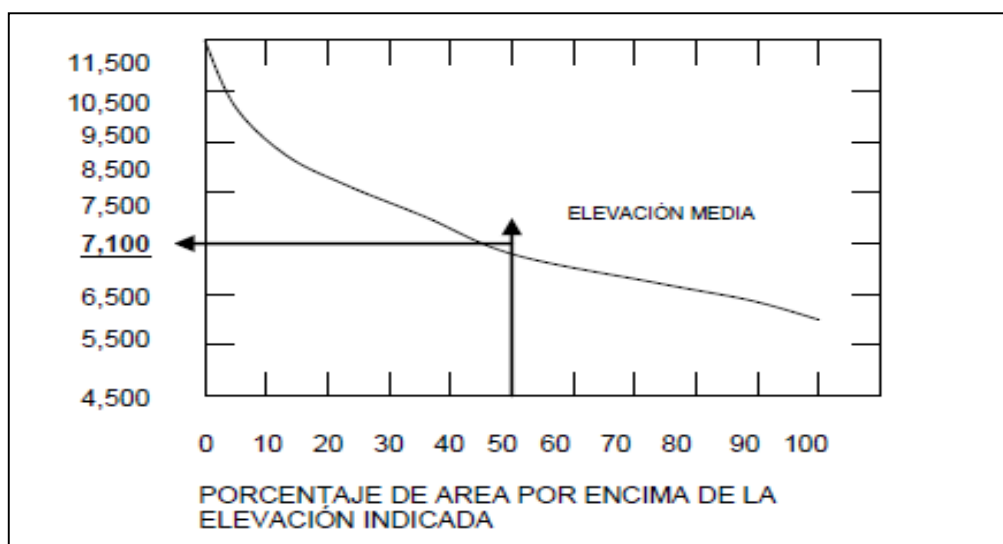
C. Elevación media de la cuenca (Em)

Uno de los parámetros de mayor importancia de encontrar en la cuenca es la elevación media de la cuenca, ya que da idea del grado de madurez de la misma. Este aspecto relaciona también a la temperatura y la precipitación. A su vez la variación de la temperaturas influye en la variación de las pérdidas de agua por evaporación, y por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo la elevación media de la cuenca (Herrera Ibáñez, 1995).

- **Método de la curva hipsométrica**

La curva hipsométrica se construye midiendo con un planímetro polar el área entre contornos de un mapa topográfico y representando gráficamente el área acumulada por encima o debajo de una cierta elevación usando de preferencia porcentajes de área. Posteriormente, en el papel aritmético se colocan los porcentajes de área en el eje "X" y en el eje "Y" se colocan los valores de la elevación (Herrera Ibáñez, 1995).

Para ello se usa un mapa topográfico con curvas de nivel definidas. Se marcan contornos de la cuenca con variaciones de elevación de 20 m en 20 m, 50 m en 50 m, 100 m en 100 m o 200 m en 200 m, según la escala del mapa utilizado; se mide el área entre estos contornos, se calcula el porcentaje de esta área, con relación al área total de la cuenca. Estos resultados se llevan a un gráfico, que indica elevaciones contra el porcentaje por encima del límite inferior, el que recibe el nombre de “Curva Hipsométrica o Curva de Área-Elevación” (Herrera Ibáñez, 1995), (figura 17).



Fuente: Herrera Ibáñez, 1995.

Figura 17. Curva hipsométrica.

- **Altura media**

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

3.3.6 Recurso hídrico

A. Aforo

Es el proceso de medir las alturas, áreas, velocidades y caudales en los ríos, (INSIVUMEH, 2010).

- **Métodos de aforo**

Los métodos prácticos de aplicación más frecuentes son:

- Método Volumétrico
- Medidor Parshall
- Método de Vertederos y orificios
- Método de Sección-Velocidad, calculando la velocidad con:
 - Flotador
 - Molinete

- **Método de sección - velocidad**

En este método se determinan separadamente la sección transversal (área) del cauce (cuadro 9) y la velocidad del agua; la sección se determina por medio de sondeos o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad se puede medir con molinete, flotador o pendiente hidráulica (Herrera Ibáñez, 1995). De tal manera que el caudal del río estará dado por:

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

Donde la velocidad media se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$V_m = 0.9 \cdot V_s$$

Dónde: V_m = Velocidad media.

V_s = Velocidad Superficial

Cuadro 9. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.

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

Fuente: Herrera Ibáñez, 1995.

B. Calidad del agua

Cada vez la disponibilidad de agua para consumo humano se reduce, debido al incremento de la población, contaminación de fuentes de agua y en general manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas. La calidad del agua es un concepto que está relacionado con el uso del mismo. La forma de verificar la calidad del agua es midiendo ciertos parámetros químicos, biológicos y físicos y comparar los resultados con valores establecidos en normativas, como ejemplo en Guatemala se tiene las normas COGUANOR, (Peluso, 2016). Por otra parte, la evolución de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, efectos humanos, uso propuestos, especialmente usos humanos y acuáticos relacionados con la salud, se manifiesta también que la calidad del agua se define como la característica del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso determinado, es decir, la relación entre la calidad y las necesidades del usuario.

• Definiciones de los parámetros de calidad del agua potable

En el año de 1,984 se estableció la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), la cual está adscrita al Ministerio de Economía. Dicha comisión fijó las normas de calidad del agua potable, mediante la norma NGO 29001 Agua Potable (COGUANOR, 2001).

- ✓ **Agua potable:** Es aquella que por sus características de calidad especificadas, es adecuada para el consumo humano (COGUANOR, 2004).

Para establecer la calidad de agua se deben considerar las características físicas, químicas y biológicas.

• Características físico-químicas

- ✓ **Características físicas:** Se refiere al contenido de sólidos en suspensión en el agua, aspecto importante tanto para el consumo humano como para la ejecución de obras de infraestructura, mismas que traerán problemas y restricciones para el uso, así como, daños e inoperatividad de la infraestructura.

- ✓ **Las características químicas:** Se refiere al contenido de sales, metales u otro elemento o sustancia química que sea limitante para uso doméstico o en la agricultura, las normas químicas propuestas por COGUANOR se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Parámetros físico-químicos de calidad del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Normas COGUANOR	
		LMA	LMP
Color	U	5.0	35.0
Sabor		No rechazable	
Olor		No rechazable	
Turbiedad	UNT	5.0	15.0
Temperatura	° C	15-25	34
Sólidos disueltos	mg/l	500	1000.0
Oxígeno Disuelto	mg/L	---	> 5.0
Conductividad eléctrica	µS/cm		<1500.0
Potencial de hidrogeno (pH)	unid	7.0-7.5	6.5-8.5
Fosfatos (PO ₄ -3)	mg/L	---	1.3
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	---	10.0
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	---	1.0
Amoniaco (NH ₃ -N Salic)	mg/L	---	< 1.5

Fuente: COGUANOR, 2004.

LMA: Límite Máximo Aceptable

LMP: Límite Máximo Permisible

De acuerdo con el Ministerio de Economía (COGUANOR, 2001), la norma COGUANOR NGO 29001 define los tipos de límites máximos para las características físicas, químicas y sustancias tóxicas presentes en el agua potable, contiene 2 términos.

- 1) **Límite máximo aceptable (LMA):** Máxima concentración en la cual una sustancia química presente en el agua podría causar daño al consumidor y límite en el cual otras características podrían resultar desagradables al consumo.
- 2) **Límite máximo permisible (LMP):** La concentración supera el valor establecido, por lo que el agua representa un riesgo tóxico a la salud humana y no es adecuada para su consumo.

- **Características biológicas**

Se refiere a la cantidad de macro y microorganismos presentes en la misma y que perjudiquen la salud de quienes la ingieran o utilicen, las normas COGUANOR toman como parámetros biológicos a coniformes Totales, Coniformes fecales y la presencia de la bacteria *E. coli*, presentando los parámetros reglamentarios por COGUANOR en el cuadro 11, (COGUANOR, 2004).

Cuadro 11. Parámetros bacteriológicos de calidad del agua para consumo humano.

Parámetro	LMP
Coliformes Totales NMP/100mL	< 2 NMP/100mL
Coliformes Fecales NMP/100MI	< 2 NMP/100mL
<i>Escherichia coli</i> Migula	Sin presencia

Fuente: COGUANOR, 2004.

NMP: número más probable en 100 mL de H₂O

C. Balance hidrológico

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

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

Los términos de la ecuación son definidos en el cuadro 12, siendo así los balances hidrológicos permiten calcular por diferencia uno de sus elementos, siendo los demás conocidos. Por eso es de interés analizar los elementos para determinar cómo se calculan o se pueden estimar en caso de que no se presten fácilmente a la medición (Herrera Ibáñez, 1995).

Cuadro 12. Elementos del balance hidrológico de una región.

Entradas (en mm)	Salidas (en mm)
Alimentación directa: precipitación pluvial, (P)	Evapotranspiración, (E)
Aportes de otras regiones, Qa	Salidas hacia otras cuencas, Qe
• Flujo subsuperficial afluente, Qba	• Flujo subsuperficial efluente, Qbe
• Flujo subterráneo afluente, Qwa	• Flujo subterráneo efluente, Qwe
• Flujo superficial afluente, Qsa	• Flujo superficial efluente, Qse
• Escurrimiento sobre el terreno, qa	• Escurrimiento sobre el terreno, qa
• Escorrentía en los ríos, Qra	• Escorrentía en los ríos, Qre
• Agua de importación, Qi	• Agua de exportación, Qex
Aguas de retorno desde, Qr	Derivaciones de agua para, D
• Agua potable, Qpr	• Agua potable, Dp
• Agua industrial, Qir	• Agua industrial, Di
• Agua Agrícola (riego), Qrr	• Agua agrícola (riego), Dr

Fuente: Herrera Ibáñez, 1995.

3.3.7 Sistemas de información geográfica

Sistemas de información geográfica (SIG) se puede definir como un instrumento para crear y actualizar mapas, es decir que constituye una técnica para combinar e interpretar mapas.

3.3.8 Diagnóstico y línea base de un plan de manejo de cuencas

A. Análisis del diagnóstico

Es necesario definir la problemática de la microcuenca, con sus causas y consecuencias, esto para realizar la formulación de un plan de intervenciones que promuevan la gestión incorporada y una adecuada relación entre los medios de vida locales y los activos de capital natural (Palacios Ruiz, 2016).

B. La matriz de marco lógico: El árbol de problemas

Este método se utiliza en la preparación de proyectos o programas, además ayuda a estructurar el programa o proyecto de modo que exista lógica vertical.

Dicha metodología consiste en identificar y analizar el problema central a través de un análisis de relaciones causa y efectos, determinándose las causas del problema y estableciéndose los efectos provocados por el mismo. así también, se utilizó el árbol de objetivos (medio – fin) para analizar el objetivo central a través de un diagrama de relaciones de medios y fines, determinándose los medios a través de los cuales se va a alcanzar el objetivo central y estableciéndose los fines a los que se quiere llegar. Los pasos a seguir para el análisis del problema, (Pacheco, 2015).

- ✓ Identifica el problema
- ✓ Examinar efectos que provoca el problema
- ✓ Identificar causas del problema (principal)
- ✓ Establecer la situación deseada (objetivo)
- ✓ Identificar medios para solución del problema
- ✓ Definir acciones y configurar alternativas de proyecto o propuestas
- ✓ Definir soluciones de propuesta al problema

Con toda la información recopilada se inicia con la generación del plan de Manejo de la cuenca.

C. Plan de manejo de cuencas

La efectividad de la planificación como proceso es amplia y diversa, se ha elaborado planes de manejo para diferentes propósitos, con diversos enfoques, componentes y necesidades de recursos. El proceso tradicional ha sido normativo, ordenador, bajo criterios técnicos y con poca base social (Palacios Ruiz, 2016).

D. Componentes de un plan de manejo

Para poder realizar un plan de manejo se tienen que tener ciertos componentes con los que se puede iniciar a formular, entre los cuales se pueden mencionar (World Visión, 2004).

- Revisión de información secundaria (bibliográfica)
- Caracterización del Sistema Cuenca
- Caracterización del sistema hídrico
- Descripción climática
- Suelo (activos de capital natural)
- Vegetación (activos de capital natural) y uso actual de la tierra
- Fauna
- Actividades comerciales y productivas
- Servicios públicos e infraestructura
- Tecnologías de producción y encadenamientos productivos
- Marco institucional y legal en la cuenca
- Salud pública
- Devolución de resultados a la comunidad

E. Enfoque metodológico de un plan de manejo

Este enfoque se visualiza para la resolución de problemas, el equipo de trabajo debe de ser interdisciplinario y de participantes locales, debe integrar y correlacionar la información con el conocimiento de la realidad. Para realizar un plan de manejo se debe de realizar una formulación técnica en donde se desarrolla el paso de un modelo de estado al modelo de soluciones, este paso es estratégico y presenta las decisiones técnicas del planificador en donde se considera:

- Gestión administrativa, bajo una eficiente organización que permita el ordenamiento territorial e institucional para apoyar las acciones del plan.
- Visión integral, involucrando a todos los sectores y actores.
- El plan debe ser único, no habrá duplicidad ni competencia.
- Carácter dinámico y continuo.
- Proyectivo, para establecer logros en plazos diferentes.
- Horizonte definido en función de demanda, oferta, tiempo.
- Modelo típico; proyección, conservación, rehabilitación, uso múltiple, aprovechamiento.

3.4 MARCO REFERENCIAL

3.4.1 Antecedentes

La microcuencas de la parte alta del río Xaltayá, es afluente de la subcuenca Pixcayá perteneciendo a la gran cuenca del río Motagua. Dentro de la microcuenca no existe ningún plan de manejo del recurso hídrico con enfoque de microcuenca. En la hidrografía se encuentran los ríos Chinimayá y Chiplátanos, además de arroyos y quebradas, estos cuerpos de agua abastecen al casco urbano de Santiago Sacatepéquez, San Bartolomé Milpas Altas, aldea Santa María Cauqué y sus alrededores (SEGEPLAN, 2010).

3.4.2 Descripción del área de estudio de la parte alta de la microcuenca del río Xaltayá

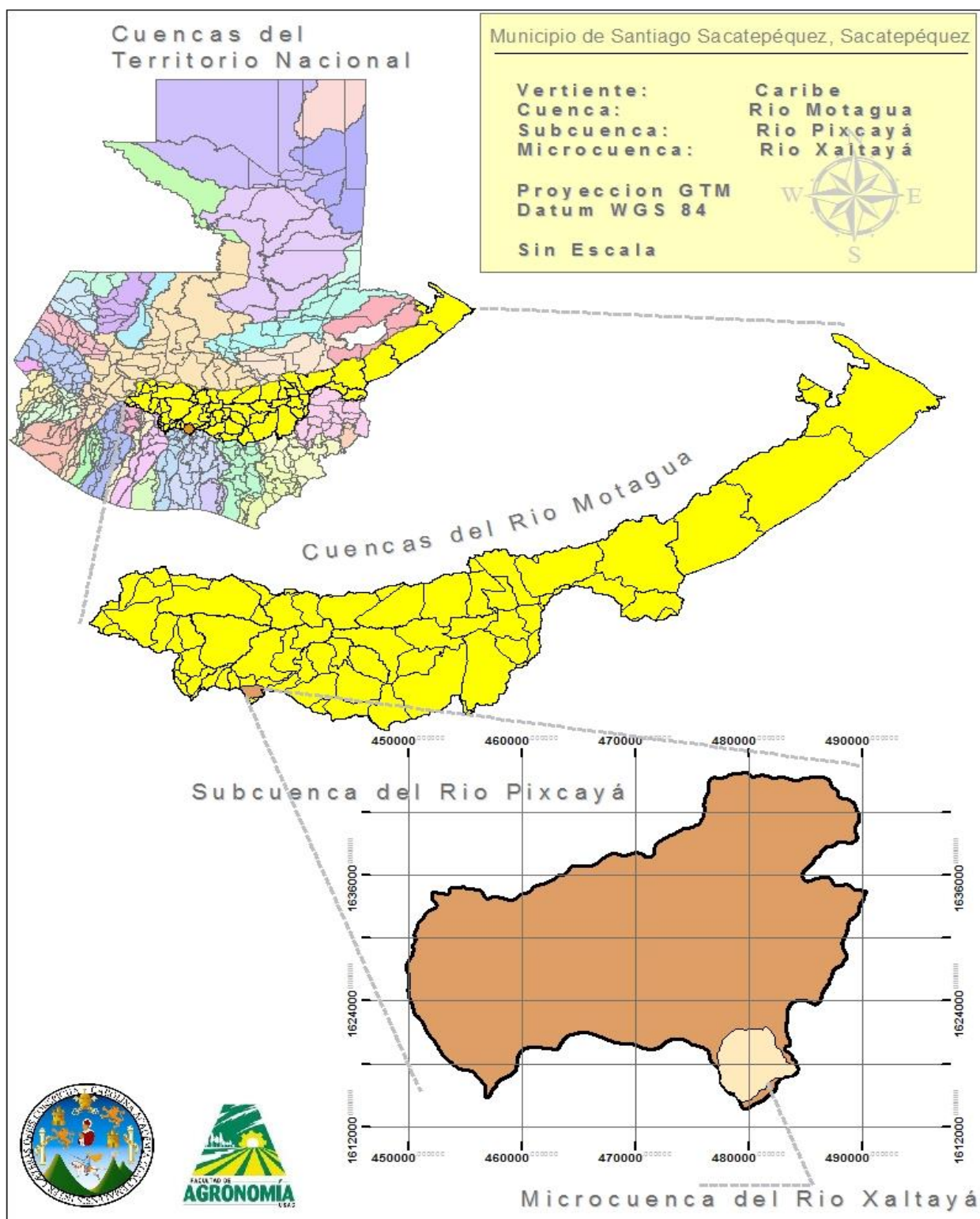
A. Ubicación geográfica de la microcuenca

La microcuenca de la parte alta del río Xaltayá se encuentra dentro de la jurisdicción del municipio de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez, cuenta con un área de 31.91 km² y un perímetro de 23.32 km. La microcuenca se encuentra en la vertiente del Caribe, Subcuenca del río Pixcayá; Cuenca del río Motagua, a una altitud de 2,040 m s.n.m. y se ubica geográficamente en la coordenada latitud Norte 14° 37' 59.4" longitud Oeste 90° 41' 05.4" (figura 18).

La microcuenca es adyacente al Norte con Santo Domingo Xenacoj, al Este con parte de Santiago Sacatepéquez y Mixco, al Sur con San Bartolomé Milpas Altas y San Lucas Sacatepéquez, al oeste con Sumpango.

B. Vías de acceso

La principal vía de acceso para llegar a la microcuenca es por la carretera interamericana CA-1, kilómetro 31. Así mismo se puede acceder a la microcuenca por San Lucas Sacatepéquez, Mixco y San Pedro Sacatepéquez.



Fuente: MAGA, 2004.

Figura 18. Ubicación geográfica de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.

3.4.3 Características socioeconómicas

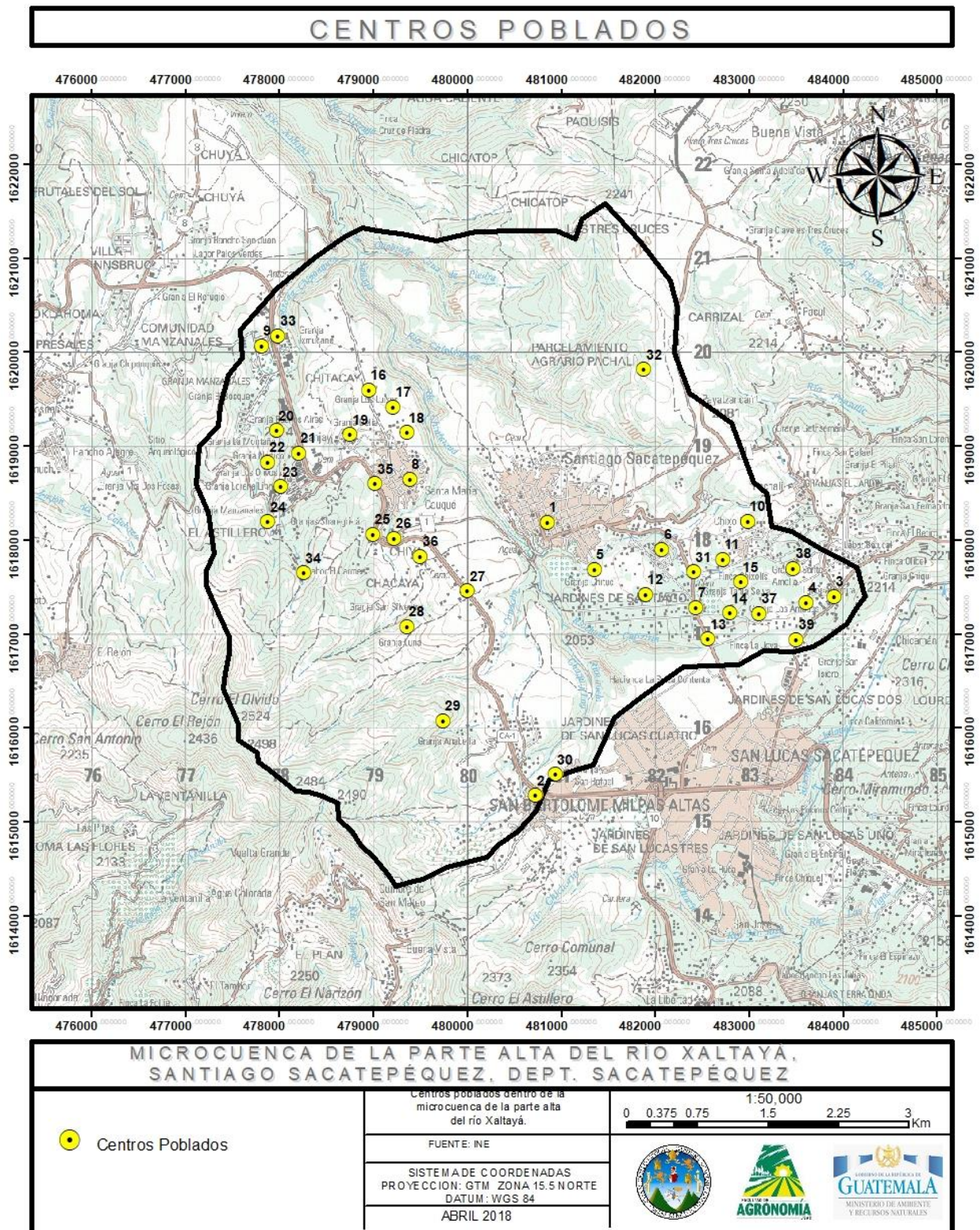
A. Centros poblados

En la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá se localizan los poblados (INE, 2002), mostrados en el cuadro 13 y figura 19.

Cuadro 13. Centros poblados dentro de la microcuenca del río Xaltayá.

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LUGAR	CATEGORIA
1	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	PUEBLO
2	SACATEPEQUEZ	SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS	SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS	PUEBLO
3	SACATEPEQUEZ	SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	VILLA MONTANA	COLONIA
4	SACATEPEQUEZ	SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	JARDINES DE EMANUEL	COLONIA
5	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	CHITUC	COLONIA
6	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	VILLA REAL I	COLONIA
7	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	COLINAS DE SANTIAGO I Y II	COLONIA
8	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	SANTA MARIA CAUQUE	ALDEA
9	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	GRANJAS MANZANALES	FINCA
10	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	CHIXOLIS	FINCA
11	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	SANTA AMELIA	COLONIA
12	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	JARDINES DE SANTIAGO	COLONIA
13	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	LA JOYA	FINCA
14	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	PATULIN	FINCA
15	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	EL ENSUENO	COLONIA
16	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	EL BOSQUE	GRANJA
17	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	LOS LUISES	GRANJA
18	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	BUENOS AIRES	GRANJA
19	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	TZANJAY	OTRA
20	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	LA MONTAÑA	GRANJA
21	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	MANICOJ	GRANJA
22	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	LOS OLIVOS	GRANJA
23	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	LORENZAN	GRANJA
24	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	MANZANALES	GRANJA
25	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	SHANOGRILA	GRANJA
26	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	CHUIYA	OTRA
27	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	SAN SILVESTRE	GRANJA
28	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	LUNA	GRANJA
29	SACATEPEQUEZ	SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS	ANABELLA	GRANJA
30	SACATEPEQUEZ	SAN BARTOLOME MILPAS ALTAS	SAN RAFAEL	GRANJA
31	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	TANIA SELVA	GRANJA
32	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	PACHALI	PARCELAMIENTO
33	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	IXMUCANO	GRANJA
34	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	EL CARMEN	LABOR
35	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	DELLA	GRANJA
36	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	CHICAYA	OTRA
37	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	LAS AMADAS	GRANJA
38	SACATEPEQUEZ	SANTIAGO SACATEPEQUEZ	CHIQUI	GRANJA
39	SACATEPEQUEZ	SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	EL MANZANILLO	CASERIO

Fuente: INE, 2002.



Fuente: Elaborado en base al INE (2002).

Figura 19. Centros poblados dentro de la microcuenca.

B. Población

Según el XII Censo Nacional de Poblacional y VII Censo Habitacional (2018) en la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá se estima una población de 37,054 habitantes. En la microcuenca, según el INE (2002) presenta una tasa de crecimiento de 3.1 %, por lo que se considera una población de crecimiento medio.

C. Índice de desarrollo humano

El IDH es un indicador sintético que expresa tres dimensiones básicas de desarrollo humano, siendo estos salud, educación y nivel de vida. El valor del IDH se analizó entre 0 y 1, donde 0 indica el más bajo nivel de desarrollo y 1 indica un desarrollo humano alto. Para la microcuenca se utilizaron los IDH de los municipios de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas (PNUD, 2011), indicados en el cuadro 14.

Cuadro 14. Índice de desarrollo humano (IDH).

Municipio	IDH	Salud	Educación	Ingresos
Santiago Sacatepéquez	0.704	0.855	0.638	0.620
San Bartolomé Milpas Altas	0.769	0.815	0.835	0.657
Promedio (microcuenca)	0.7365	0.835	0.7365	0.6385

Fuente: PNUD, 2011.

D. Flujo migratorio

Dentro de la microcuenca existe una oferta de trabajo alta, especialmente la mano de obra calificada, que comunmente la emplean en maquilas o fábricas industriales, encontrándose mayormente en la Ciudad Capital. La mano de obra no calificada migra hacia las actividades agrícolas, en la producción de hortalizas. Los estudiantes se movilizan hacia San Lucas Sacatepéquez, Antigua Guatemala, Chimaltenango y la Capital (SEGEPLAN, 2010).

E. Población según grupo cultural

En la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá el INE (2018) identificó que el 82 % de los habitantes son de cultura Maya y el 17 % pertenecen a Ladinos (otros pueblos 1 %). La mayor cantidad de población residen en el casco urbano, que representa el 82.09 %.

F. Costumbres y tradiciones

Por encontrarse el municipio de Santiago Sacatepéquez dentro de la microcuenca, las tradiciones más significativas, destaca la festividad del día de todos los santos (1 de noviembre), en donde se realiza el festival del barrilete. Así mismo se conmemoran la Cuaresma y Semana Santa, entre otras. La población del municipio es netamente cristiana y se divide en dos grupos: católicos (70 %) y no católicos (30 %) (SEGEPLAN, 2010).

G. Salud

La cobertura en salud dentro de la microcuenca, durante el año 2008, fue del 100 %, sin embargo según investigación realizada por SEGEPLAN la cobertura es de 40 % ya que existen debilidades en cuanto a medicamento, equipo y personal especializado para la asistencia de enfermedades (SEGEPLAN, 2010).

La infraestructura de salud dentro de la microcuenca, es de dos Centros de Salud, estos se encuentran ubicados en el Casco Urbano de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, un puesto de salud en Aldea Santa María Cauqué y Centro de Convergencia en San José Pacul. Por el rápido crecimiento poblacional, las autoridades de salud no se dan abasto produciendo movilizaciones hacia el municipio de San Lucas Sacatepéquez y para Antigua Guatemala.

En la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, según SEGEPLAN (2010) la esperanza de vida es de 68 años.

H. Educación

SEGEPLAN (2010) indica que la cobertura educativa dentro de la microcuenca, el nivel básico es el ciclo que mayor problema presenta debido a la deserción estudiantil y la migración, el nivel pre-primario y primario ha mantenido un promedio de 95 % de cobertura, así mismo el nivel diversificado tiene un 80 % de cobertura. La tasa de analfabetismo en la microcuenca es de 25.2 %.

I. Servicios básicos

- a. **Vivienda:** las viviendas que se encuentran dentro de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá son construidas en su mayoría con Block, también utilizan la madera lepa y adobe principalmente (SEGEPLAN, 2010).
- b. **Servicio de agua:** el 93 % de las viviendas que se encuentran dentro de la microcuenca, son abastecidas con agua clorada, esta agua es captada de los nacimientos de agua y pozos mecánicos existentes en la microcuenca. El 7 % son abastecidos por chorros comunales (SEGEPLAN, 2010).
- c. **Servicios sanitarios:** el 98 % de las viviendas tienen el servicio de recolección y conducción de las aguas residuales de tipo doméstico. El fin de este servicio es evitar o disminuir la contaminación del ambiente con las descargas. Las aguas servidas (aguas residuales) generadas en la microcuenca son descargadas en el cauce del río Chinimayá, corriente que pertenece a la cuenca del río Motagua (SEGEPLAN, 2010).
- d. **Desechos sólidos:** dentro de la microcuenca, no se cuenta con tren de aseo eficiente que colecte los desechos generados. Existe una serie de basureros clandestinos, los cuales causan serios problemas de contaminación (SEGEPLAN, 2010). Las municipalidades están realizando diversas actividades para socializar la importancia de tener un servicio eficiente de recolección de desechos sólidos y pagar por el mismo.
- e. **Servicio eléctrico:** la cobertura de electricidad es del 94 % en la microcuenca, además está implementado el uso de energía renovable, utilizando paneles solares (SEGEPLAN, 2010).
- f. **Participación ciudadana:** entre las organizaciones que se encuentran en la microcuenca, existen 7 COCODES representando a las aldeas y colonial del municipio. Además la participación ciudadana se hace presente en 6 asociaciones. Así mismo existen 3 organizaciones no gubernamentales formadas por mujeres.

g. Saneamiento de aguas residuales: actualmente se encuentra en construcción una planta de tratamiento de aguas residuales que se ubica a cercanías del casco urbano, el cual según el Consejo Departamental de Desarrollo de Guatemala, beneficiará a 13,000 habitantes. El costo del proyecto fue de Q. 1, 705,000.00, información indicada en pancarta informativa instalada en el proyecto.

J. Desarrollo económico

a. Agrícola

La principal actividad productiva en la microcuenca es la agricultura. La producción de arveja china, ejote francés y lechuga son los principales cultivos de exportación. La producción de rábano, remolacha, culantro, acelga, chile pimiento y aguacate son los productos comercializados localmente o en el mercado de Antigua Guatemala. La producción de lechuga alcanza anualmente una producción de 9,798 qq, la producción de rábano produce 8,630 qq y la remolacha 6,910 qq (SEGEPLAN, 2010). La cooperativa 4 pinos apoya con capacitaciones técnicas a los asociados, los cuales superan los 1,000 productores inscritos, dicha cooperativa en el año 2018 esta exportando los productos agrícolas a Estados Unidos y Europa.

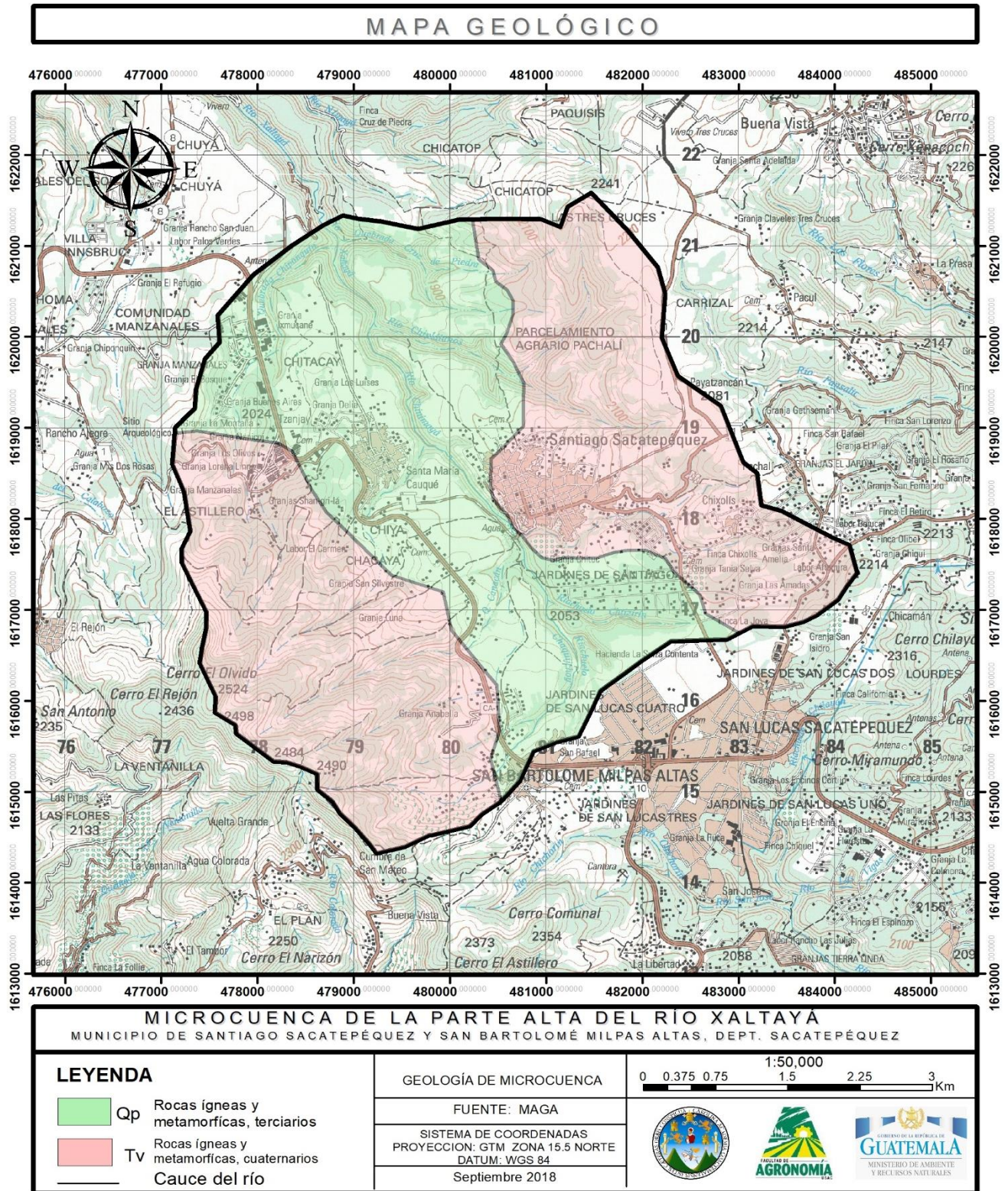
b. Otras actividades

Dentro de la microcuenca existen actividades económicas en relación al comercio de insumos de primera necesidad, artesanías, producción forestal, sistema de transportes, empresas textiles y de manufacturas. Parte de la carretera CA-1 Interamericana que se encuentra dentro de la microcuenca se ubican aproximadamente 10 complejos industriales, residenciales y restaurantes.

3.4.4 Aspectos biofísicos

A. Geología

Según el mapa geológico de Guatemala, la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá está dividida por dos regiones formadoras de suelo indicado en la figura 20 y cuadro 15.



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2002).

Figura 20. Mapa geológico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.

Cuadro 15. Unidades geológicas de microcuenca.

Simbo. cat.	Tipo de rocas	Período	Descripción	Superficie (%)
Tv	Ígneas y metamórficas	Terciario	La característica de esta categoría son rocas volcánicas sin dividir predominantemente mio-plioceno incluyendo tovas volcánicas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos.	57.63
Qp	Ígneas y metamórficas	Cuaternario	Formado por rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso	42.37

Fuente: MAGA, 2002.

B. Hidrografía

La unión del río Chinimayá y río Chiplátanos da origen al río Xaltayá, así mismo a este lo abastecen riachuelos y quebradas. Dicha microcuenca pertenece a las subcuenca del río Pixcayá, cuenca del río Motagua, que pertenece a la vertiente del Caribe, los diferentes cauces identificados en la microcuenca, se indican en la figura 21.

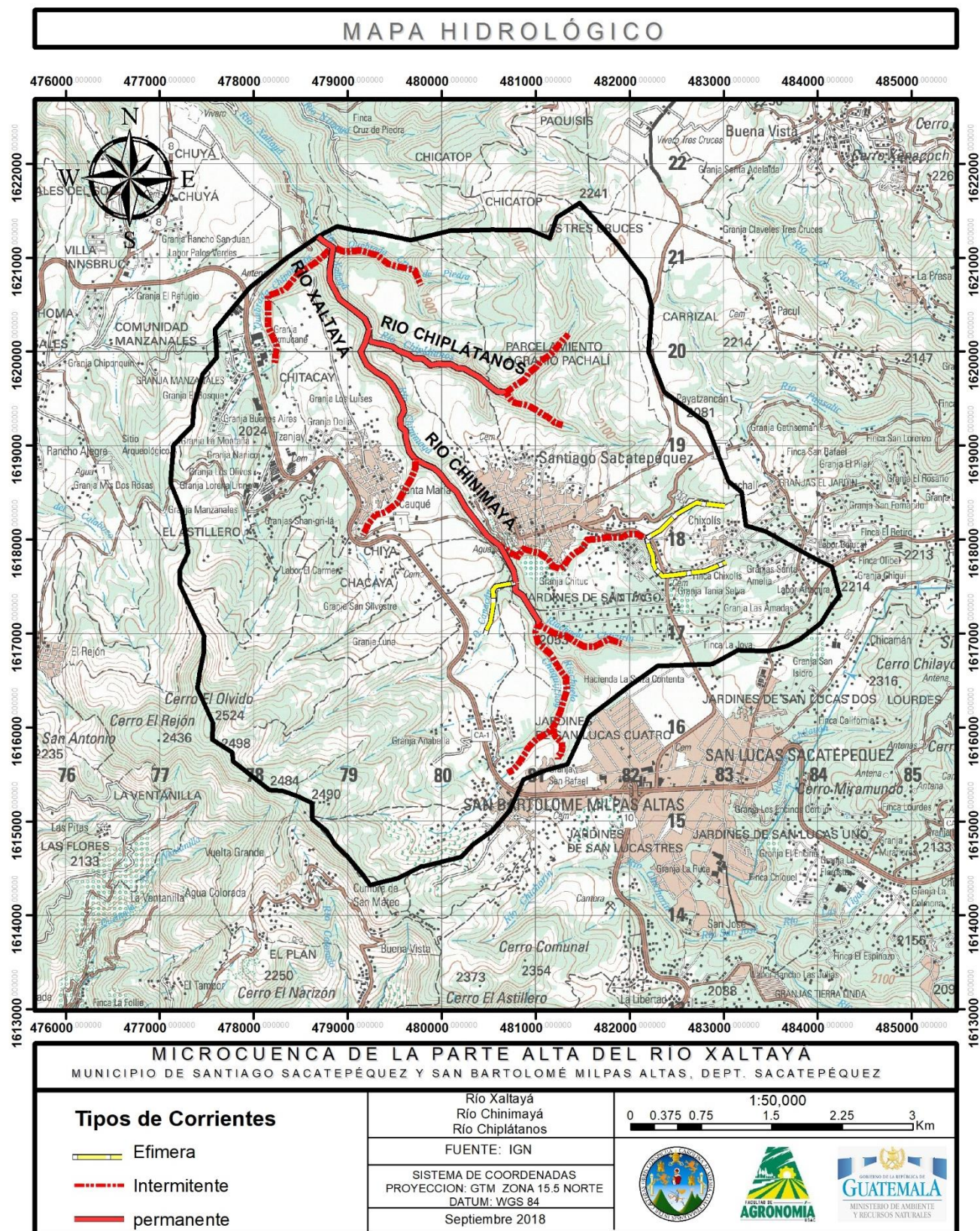
C. Clima

Según el sistema de clasificación climática de Thorthwhite para la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá se encuentran dos clasificaciones mostradas en el cuadro 16 y figura 22.

Cuadro 16. Clasificación climática según Thorthwhite.

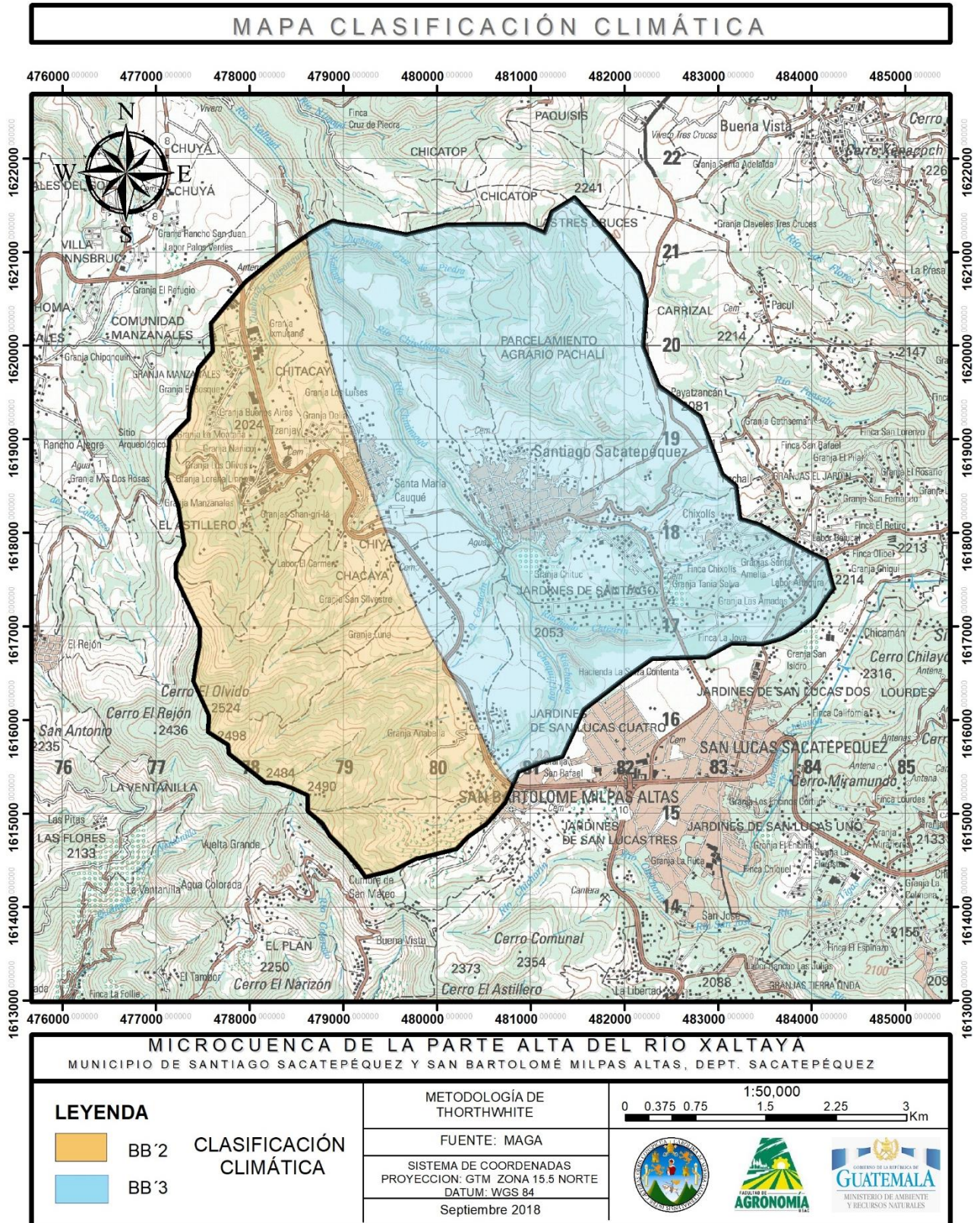
Clima según Thorthwhite	Categoría de humedad	Categoría de temperatura	Vegetación	Clasificación	Superficie (%)
BB'2	Húmedo	Templado	Bosque	Bosque húmedo templado	40.73
BB'3	Húmedo	Semi-frío	Bosque	Bosque húmedo semi-frío	59.27

Fuente: MAGA, 2002.



Fuente: Elaborado en base a IGN (2010).

Figura 21. Mapa hidrológico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2002).

Figura 22. Mapa clasificación climática metodología de Thornthwaite.

D. Zonas de vida

Dentro de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá se encuentra solo una zona de vida siendo bh-MB (Bosque húmedo montañoso bajo subtropical), el relieve es plano a accidentado, (MAGA, 2002).

E. Áreas protegidas

La mayor parte de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá no cuenta con área protegida (98.59 %), solamente el 1.41 % está dentro del área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales de la Cordillera Alux (SIGAP-092) (MAGA, 2002), (figura 23).

F. Fisiografía

La unidad fisiográfica que categoriza a la microcuenca son las tierras altas volcánicas. Esta unidad fisiográfica se dividen en dos, dentro de la microcuenca siendo la zona montañosa occidental (Tacaná – Tecpán) está ocupa el 31.75 % del área y la zona montañosa y planicie central (Tecpán –Jalpatagua) ocupando el 68.25 % del área (MAGA, 2002), (figura 24).

G. Serie de Suelos

Los suelos de la microcuenca utilizando la clasificación de Simmons, pertenece a la serie “Cauqué (Cq)”, los cuales se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados, el material original es ceniza volcánica pomácea firme y gruesa. Los relieves se caracterizan por ser escarpados en combinación con superficies onduladas y casi planas (MAGA, 2002).

El riesgo de erosión es alto por la topografía del lugar, la textura de los suelos tienen a ser de franco a franco arcilloso arenoso por lo que tiene un potencial fértil de regular a alto.

H. Clasificación taxonómica de los suelos de la microcuenca

El cuadro 17 y el mapa de aproximación de la clasificación taxonómica de suelos para la República de Guatemala (figura 25), utilizando la clasificación de USDA, en la microcuenca predomina la unidad taxonómica Ds, Ls, Le, Kd e Ig, este tipo de clasificación se encuentra presente en los departamentos de Chimaltenango, Escuintla, Guatemala, Jalapa, Quiché, Sacatepéquez, Santa Rosa y Sololá (MAGA, 2013).

Cuadro 17. Clasificación taxonómica de los suelos de la microcuenca.

Código	Orden	Sub-Orden	Descripción	Área (km ²)	Área (%)
Ls	ALFISOL	USTALFS	Régimen de humedad que está limitado, pero esa humedad está presente cuando existen condiciones favorables para el crecimiento de las plantas.	1.99	6.23
Ds	ANDISOL	USTANDS	Régimen de humedad que está limitado, pero esa humedad está presente cuando existen condiciones favorables para el crecimiento de las plantas.	9.40	29.45
Le	ENTISOL	ORTHENTS	Suelos que tienen un potencial de agua positivo en la superficie del suelo por más de 21 horas de cada día en todos los años	4.28	13.40
Kd	INCEPTISOL	USTEPTS	Régimen de humedad que está limitado, pero esa humedad está presente cuando existen condiciones favorables para el crecimiento de las plantas.	6.09	19.08
Ig	MOLISOL	USTOLLS	Tienen un régimen de humedad ústico o un régimen de humedad arídico que limita con un ústico.	10.16	31.84

Fuente: MAGA, 2013.

I. Relieve

Según las unidades cartográficas de suelos se identificaron 5 categorías de relieve dentro de la microcuenca, las cuales se describen en el cuadro 18 y se muestran en la figura 26.

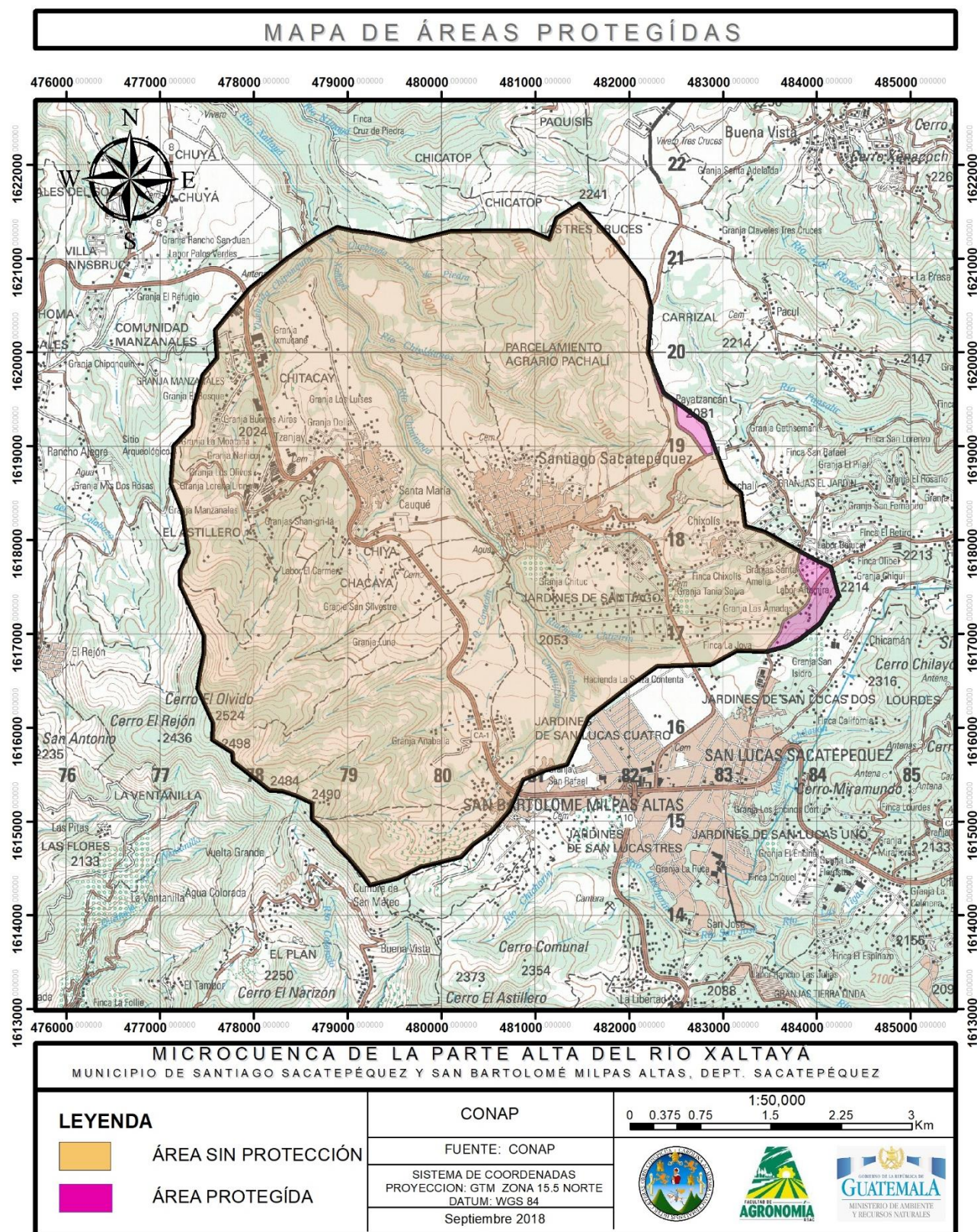
Cuadro 18. Clasificación del relieve para la microcuenca.

Símbolo	Clasificación del relieve	Problema de erosión	Rango de pendiente (%)	Área (km ²)	Área (%)
a	Ligeramente plana	Ligera	0 a 3	7.82	24.50
b	Ligeramente inclinada	Ligera	3 a 7	0.1	0.31
d	Fuertemente inclinada	Moderada	12 a 25	6.93	21.71
e	Ligeramente escarpada	Severa	25 a 50	4.85	15.19
f	Moderadamente escarpada	Severa	50 a 75	12.22	38.28

Fuente: MAGA, 2013.

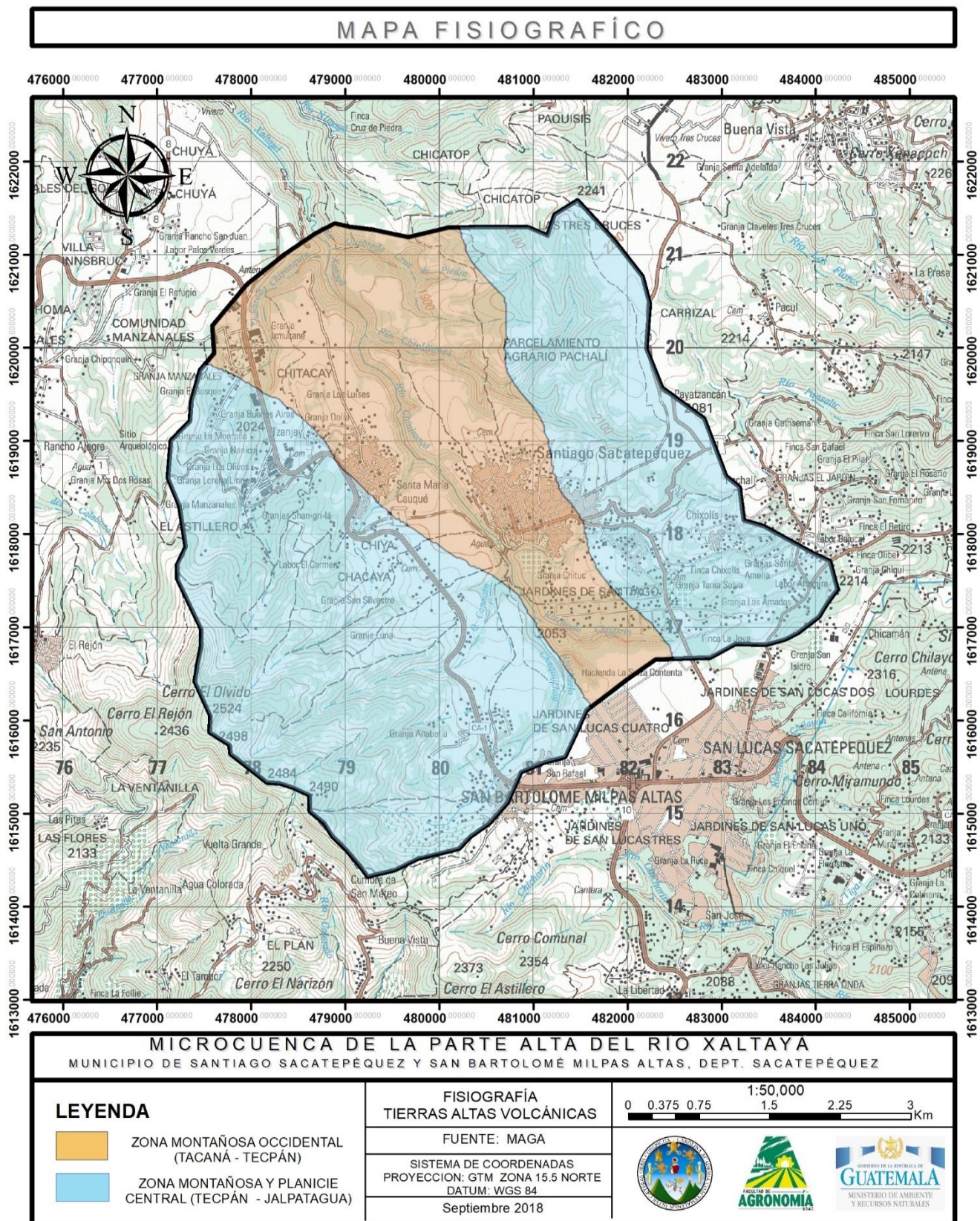
- Microcuenca de la parte alta del río Xaltayá**

Por la alta población que se encuentra en la microcuenca, esta tiende a degradar los recursos naturales (suelo, agua, bosque). Por la necesidad de subsistir tiende a cambiar el uso de la tierra, sustituyendo áreas fértiles por vivienda o áreas boscosas por agricultura.



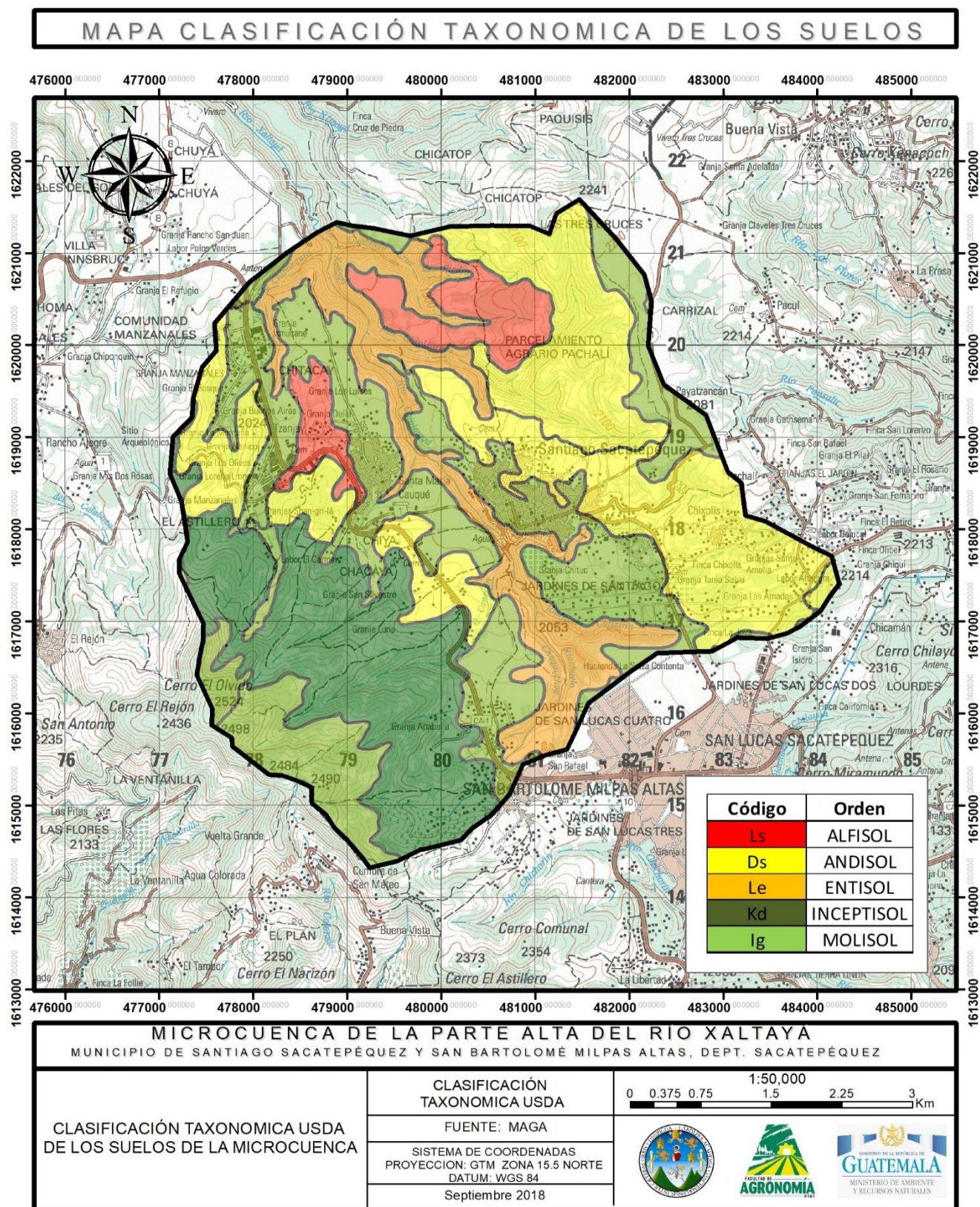
Fuente: Elaborado en base a MAGA (2002).

Figura 23. Mapa de áreas protegidas.



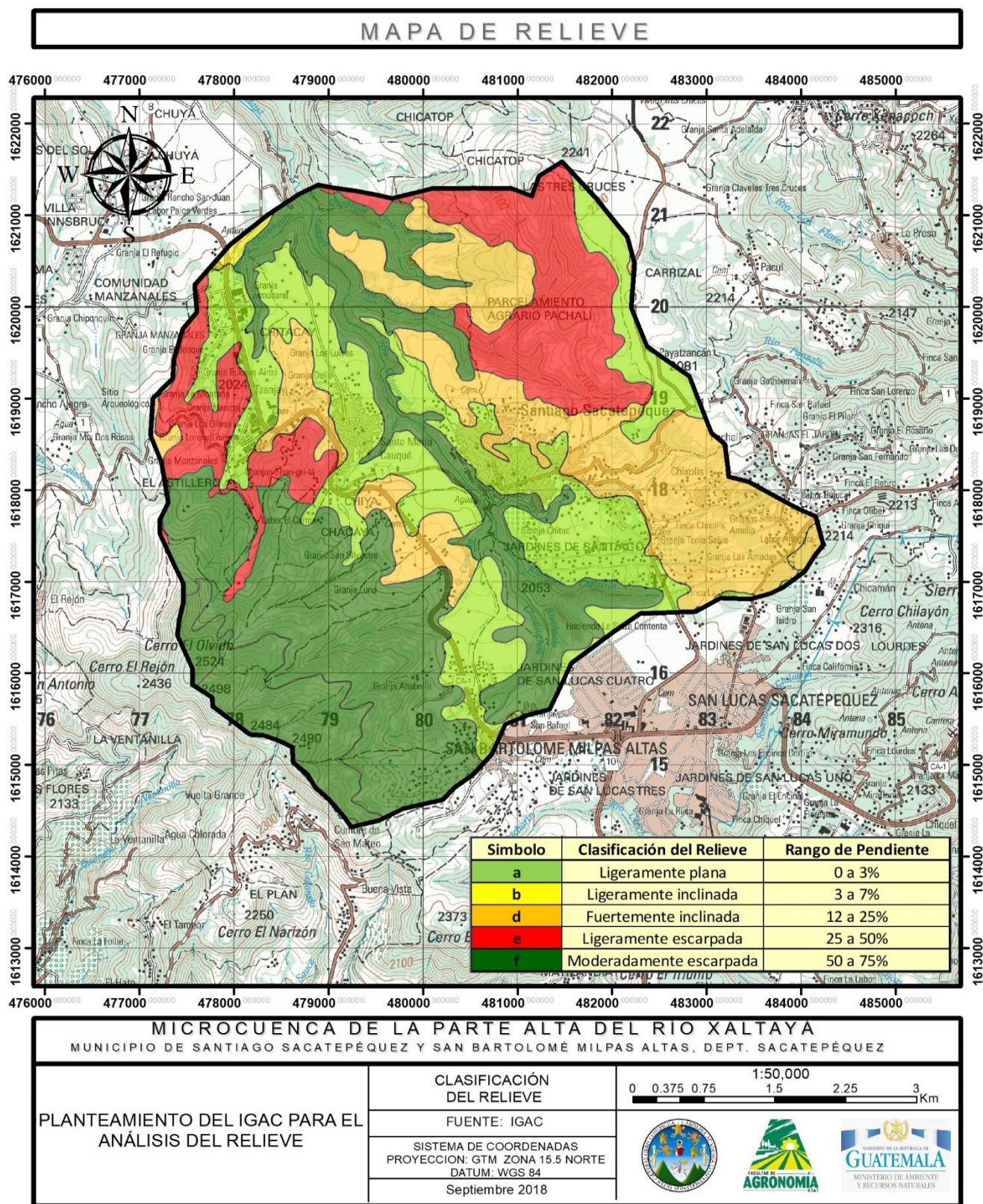
Fuente: Elaborado en base a MAGA (2002).

Figura 24. Mapa fisiográfico.



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2013).

Figura 25. Mapa de clasificación taxonómica de los suelos, USDA.



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2013).

Figura 26. Mapa de relieve de la microcuenca.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta de plan de manejo del recurso hídrico superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, ubicada en el Municipio de Santiago Sacatepéquez, Departamento de Sacatepéquez, Guatemala, C.A.

4.2 Objetivos específicos

1. Enumerar y describir los aspectos socioeconómicos de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.
2. Caracterizar el recurso hídrico superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.
3. Realizar la propuesta de un plan de manejo del recurso hídrico superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.

5 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para alcanzar los objetivos planteados de la presente investigación, constaron de varias fases, las cuales se describen a continuación.

5.1 Enumeración y descripción de los aspectos socioeconómicos y caracterización de los aspectos biofísicos en la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

La recopilación de información socioeconómica se realizó a través de recorridos dentro del área de estudio y se diseñó una encuesta, donde tendría todas las interrogantes necesarias para la recopilación de información de usuarios del recurso hídrico, infraestructura existente, actividades económicas: industriales, agrícolas, pecuarias. La recopilación de la información biofísica se realizó a través de caminamientos dentro de la microcuenca y edición de SHAPES de instituciones de gobierno.

5.1.1 Etapa inicial de gabinete

- Se delimitó la microcuenca utilizando la hoja cartográfica “carto50k_24”, escala 1:50,000 actualización 2,010 del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Se elaboró la encuesta, con las interrogantes necesarias con la finalidad de obtener la información primaria y general del área de estudio (anexo 1).
- Se recopiló información secundaria para enriquecer la información primaria, para ello se revisó documentación de las instituciones relacionadas con el tema social, económico y biofísico (INE, MINEDUC, MAGA, MARN, entre otros).

5.1.2 Etapa de campo

- Se recorrió el área de estudio sujeto a investigación, utilizando como base la microcuenca delimitada.
- Se encuestaron a 50 personas de forma aleatorios, desde agricultores, comerciantes y amas de casa, describiendo los resultados en el cuadro 24.

- Se realizaron caminamientos dentro de la microcuenca para visualizar el uso actual de la tierra para el año 2017 - 2018.
- Se visitó a la municipalidad de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas para obtener información relacionada con el recurso hídrico.

5.1.3 Etapa final de gabinete

- Se integró la información recopilada en campo para realizar el análisis respectivo.
- Se elaboró el mapa de uso de la tierra para el año 2018.
- Se elaboró del mapa de intensidad de uso de la tierra.

5.2 Caracterizar el recurso hídrico superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

La metodología utilizada para la implementación del presente estudio, constó de 3 partes:

- Etapa inicial de gabinete
- Etapa de campo
- Etapa final de gabinete

5.2.1 Etapa inicial de gabinete

A. Recopilación de información secundaria

La recopilación de información bibliográfica y cartográfica tuvo como fin fundamentar y enriquecer teóricamente la investigación, mediante los siguientes pasos:

- Se visitó al Centro de Documentación e Información Agrícola (CEDIA) de la Facultad de Agronomía (FAUSAC).
- Se consultó mapas topográficos, temáticos y SHAPES sobre la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.

- Se consultó a instituciones que trabajen en el área.
- Información digital existente (páginas Web) del área de estudio.

B. Caracterización morfométricos

Para la elaboración de la caracterización morfométrica se utilizó la metodología del manual de laboratorio del curso de Hidrología de la Facultad de Agronomía, USAC (Herrera Ibáñez, 1995). El software utilizado fue ArcGIS 10.1 y se trabajó sobre la hoja cartográfica carto50k_24, escala 1:50,000 actualización 2010 del IGN.

5.2.2 Fase de campo

Se realizaron visitas de campo a la microcuenca, con la finalidad de conocer la distribución y manejo del recurso hídrico. Con las visitas de campo se obtuvo información faltante, así mismo corroborar la información recopilada en la primera etapa de gabinete.

A. Aforos

El caudal de los ríos se calculó de acuerdo al método de aforo de **sección velocidad**, por medio de flotadores, en este caso se utilizó un flotador de 5 cm de diámetro, de color blanco y se utilizó una longitud de 5 m (figura 27). Para el registro de la información se utilizó una boleta de campo como se muestra en la cuadro 19 y la ubicación de los puntos de aforo se indican en el cuadro 20.

Cuadro 19. Boleta de recolección de información de aforos.

Dist. punto inicial	Prof.de vert.	Prof. media	Ancho Media	Tiempo promedio	Veloc. calc.	Veloc. ajustada	Veloc. media	Área parcial	Caudal parcial
M	m	M	M	S	m/s	m/s	m/s	m ²	m ³ /s
									Σ

Fuente: Herrera Ibáñez, 1995.

B. Frecuencia de aforo

La frecuencia con la que se realizaron los aforos, fue una vez por mes, iniciando en el mes de octubre y finalizando en el mes de septiembre, para tener un año hidrológico.

Cuadro 20. Ubicación de puntos de aforo en la parte alta de la microcuenca.

No. Aforo	Ubicación	Coordenadas GTM	
		X	Y
1	Límite de la microcuenca	478511.75	1621580.09
2	Desembocadura del río Chiplátanos	479466.32	1620078.23
3	Desembocadura del río Chinimayá	479351.84	1619755.78

Fuente: Producto de los recorridos de campo, 2017.

C. Calidad del agua

Los análisis fisicoquímicos tales como pH y temperatura se realizaron directamente en el campo con la ayuda de un multiparamétrico. Para la toma de muestras de agua se utilizaron dos galones de plástico y dos recipientes de vidrio de 100 mL, los cuales se identificaron con el nombre del punto. Para el traslado de las muestra se utilizó una hielera, para mantener la muestra a una temperatura aproximada de 2 °C, para realizarle los análisis químicos, tales como fosfatos, amonio, nitritos y nitratos. Los parámetros bacteriológicos se determinaron en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, tomando muestras en envases de vidrio de 1000 cm³. En los cuadros 10 y 11 se mostraron los parámetros fisicoquímicos y biológicos analizados en las muestras de agua.

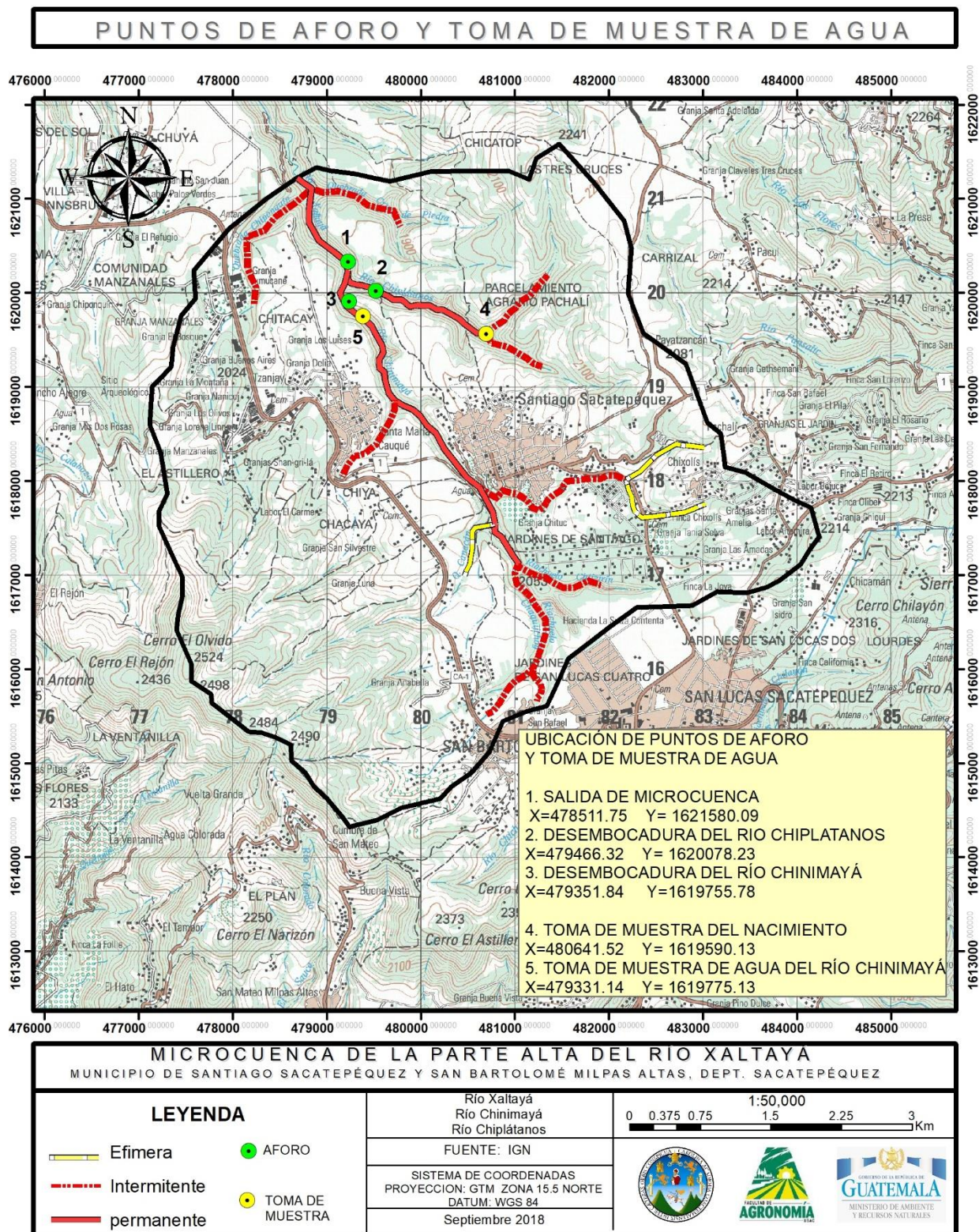
a. Ubicación de muestreo de calidad de agua

Se realizó toma de muestra para analizar la calidad del agua en dos puntos de muestreo indicados en cuadro 21 (ya ubicados en la figura 27, identificados como puntos 4 y 5).

Cuadro 21. Ubicación de puntos de tomas de muestras de agua en la microcuenca.

Ubicación	Coordenadas	
	X	Y
Nacimiento río Chiplátanos	480641.52	1619590.13
Río Chinimayá	479331.14	1619775.13

Fuente: Elaboración propia, 2017.



Fuente: Elaborado en base a IGN (2010).

Figura 27. Ubicación de los puntos de aforo y toma de muestra en la microcuenca.

5.2.3 Fase final de gabinete

A. Recopilación de información climática

Se recopiló y organizó la información climática, de precipitación, temperatura máxima y mínima de la estación meteorológica del INSIVUMEH.

B. Balance hidrológico de la parte alta de la microcuenca del río Xaltayá

Básicamente consistió en la realización del análisis de la información recopilada en la fase de gabinete y generado en la fase de campo.

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

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

En donde la entrada de la microcuenca consiste en la precipitación pluvial, y las salidas están determinadas por el flujo de los ríos en los puntos de aforo y por la evapotranspiración.

a. Determinación de la precipitación media

Se determinó la precipitación media en base a la tabulación de los registros de precipitación que se obtendrán en la estación meteorológica del INSIVUMEH y Suiza Contenta. La estación del INSIVUMEH se encuentra ubicada a una altitud de 1,502 m s.n.m. Con los datos de registros de precipitación de las estaciones, se determinó el valor de precipitación media mensual y media anual, mientras que su área de influencia se determinó a través de la realización de Isoyetas, ya que los polígonos de Thiessen no son aplicables donde los accidentes topográficos juegan un papel importante en la distribución de las lluvias.

b. Determinación de la evapotranspiración (método Hargreaves)

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

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM = \text{mm/mes}$$

Donde:

ETP: evapotranspiración en mm/mes

TFM: temperatura media mensual

RSM: radiación solar incidente mensual

Donde RSM:

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

Dónde:

RMM: radiación mensual extraterrestre (mm./mes),

RMM: RS*No. de días del mes

RS: radiación solar extraterrestre (mm/día)

S: duración máxima media diaria de horas de brillo solar

HR: humedad relativa en %

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

Ks: constante igual a 12.5

Para realizar el cálculo de evaporación se utilizaron los datos de los cuadros 22 y 23.

Cuadro 22. Valores medios mensuales de radiación extraterrestre, RMM, expresada en evaporación equivalente en mm/día.

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

Fuente: Fajardo Herrera, 2011.

Cuadro 23. Duración máxima media diaria de horas de brillo solar para diferentes latitudes.

Latitud	Norte	E	F	M	A	M	J	Ju	A	S	O	N	D
	15	11.30	11.60	12.00	12.5	12.80	13.00	12.09	12.06	12.2	11.80	11.40	11.20

Fuente: Fajardo Herrera, 2011.

5.2.4 Integración de la información

En esta fase se ordenó la información recopilada y verificada, tanto la fase inicial de gabinete como la información que se recopiló en campo. Para ello se realizaron las siguientes acciones:

- Se elaboró un cuadro de resultados de la caracterización morfométricos.
- Se realizó una gráfica de acuerdo a los caudales mensuales.
- Se elaboró el balance hidrológico de la microcuenca.
- Se realizaron los mapas: puntos de aforo, mapa base, mapa hidrológico, isotermas, curvas a nivel, isoyetas, uso de la tierra 2018, capacidad de uso de la tierra, intensidad de uso de la tierra y los mapas correspondiente a los aspectos biofísicos.

5.2.5 Resultados y discusión de resultados de la caracterización

En base a la información recabada (primaria y secundaria) de la caracterización se analizaron, interpretaron y se procesaron los aspectos socioeconómicos y del recurso hídrico superficial, y luego se realizó el diagnóstico de la situación actual de la microcuenca.

5.2.6 Diagnóstico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

En base a los resultados de la caracterización se procedió a realizar el diagnóstico de la microcuenca.

5.2.7 Lineamientos para el plan de manejo del recurso hídrico superficial

Finalmente, basándose en el diagnóstico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, se realizó la propuesta del plan de manejo del recurso hídrico superficial, en donde se propone acciones de manejo de las principales problemáticas identificadas.

5.2.8 Redacción del documento de investigación

Luego de la sistematización y el análisis de la información se procedió a realizar el documento de investigación de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá ubicada en Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Aspectos socioeconómicos dentro de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

6.1.1 Aspectos generales obtenidos en las encuestas realizadas

En el cuadro 24, se presentan los principales aspectos generales de la microcuenca, obtenidas a través de 50 encuestas realizadas a personas que residen en las comunidades ubicadas dentro de la misma.

Cuadro 24. Aspectos generales obtenidos en campo.

Lugar:	44 % Santiago Sacatepéquez	32 % Santa María Cauqué	24 % San Bartolomé Milpas Altas		
Género	34 % mujeres	66 % hombres			
Presencia de basura en los alrededores:	86 % SI	Tipo de basura	30 % Orgánica	60 % Ordinaria	10 % De químicos
Que hace con la basura de casa	26 % La quema	30 % Recolector	10 % Barrancos	34 % no indicarán	
Existen proyectos y/o campañas de recolección de basura	40 % SI	60 % NO			
Fuente donde proviene el agua que utiliza:	74 % Municipal		26 % comunal		
Tiene algún costo el agua:	Municipal esta entre los Q. 12.00 a Q.90.00 y comunal Q. 10.50 a Q. 225.00				
Uso que se le da:	La normativa municipal prohíbe el uso del agua que distribuye para uso agrícola.				
Existen organizaciones respecto al agua:	Existen un comité en Santa María Cauqué y 5 comité para el agua de riego				
Disposicion final de aguas negras:	90 % Drenajes	10 % Río			
Utiliza el agua del río Chiplatanos:	10 % SI	90 % NO	tipo de usos	agrícola y consumo	
Utiliza el agua del río Chinimayá:	100 % NO		tipo de usos	100 % Ninguno	
Le afecta la contaminación del río Chinimayá:	90 % SI		10 % NO		
Le afectaría si el río Chiplatanos se contaminara:	100 % SI		porque:	Pérdida de calidad del agua	
Es necesario proteger al río Chiplatanos:	86 % SI	14 % NO	y recuperar al Chinimayá		100 % SI
Principales problemas ambientales en su comunidad:	66 % Basura			34 % Aguas negras	
Actividad Económica que realiza	30 % Ama de casa		60 % Agrícolas	10 % Comerciante	

6.1.2 Población (usuarios del agua)

Dentro de la microcuenca se estima una población de 37,054 habitantes, según el XII Censo Nacional de Poblacional y VII Censo Habitacional 2018. El tamaño promedio de las familias es de 5 miembros (2 padres y 3 hijos) (Axpuc Hernandez, 2009). De las 50 personas encuestadas (cuadro 24) el 34 % fueron del género femenino y el 66 % género masculino en donde el 44 % de los encuestados pertenecían al municipio de Santiago Sacatepéquez, el 32 % a la aldea Santa María Cauqué y 24 % al municipio de San Bartolomé Milpas Altas. La información recopilada por medio de las encuesta, indicaran la situación actual a grandes rasgos, no de forma detallada, esto se debe por el tamaño de la población.

6.1.3 Crecimiento poblacional

Teniendo como base el crecimiento poblacional del municipio de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, según el INE (2002), dentro de la microcuenca se tiene un crecimiento poblacional del 3.1 %, por lo que se considera una población de crecimiento medio. Este crecimiento poblacional dentro de la microcuenca no va de acuerdo con el uso actual de los recursos naturales y otros factores relacionados con la calidad de vida de la población como lo es el empleo, vivienda, educación y otros, que día con día van decreciendo, esto se observa con la pérdida de bosques, fertilidad en los suelos, erosión de los recursos, extensión de área urbana, etc.

6.1.4 Desarrollo humano dentro de la microcuenca

Considerando que dentro de la microcuenca se encuentran asentadas las cabeceras municipales de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas se estimó el índice de desarrollo humano de ambos municipios. Según PNUD (2011), el índice de desarrollo humano para Santiago Sacatepéquez es de 0.704, teniendo un 49 % de pobreza y 6.6 % de pobreza extrema y en San Bartolomé Milpas Altas, existe un índice de desarrollo humano de 0.769, teniendo un 13.04 % de pobreza.

6.1.5 Nacidos vivos en los años del 2001 al 2015

Según datos del área de salud pública en los años 2001 al 2015 se registraron 9,937 nacimientos. El rango de edad de las madres que se registran de mayores partos es de 20 a 34 años de edad, identificando solo el 0.30 % de partos de niñas menores de 15 años y el 16.14 % en el rango de 15 a 19 años de edad.

6.1.6 Grupo étnico

En la micricuenca de la parte alta del río Xaltayá el INE (2018) identificó que el 82 % de los habitantes son de cultura Maya y el 17 % pertenecen a Ladinos (otros pueblos 1 %). La mayor cantidad de población residen en el casco urbano, que representa el 82.09 %.

6.1.7 Organizaciones

Existe una diversidad de organizaciones que velan por el bienestar de la comunidad, entre las organizaciones identificadas están: COCODES, Grupos de mujeres, Comité de agua potable, Ministriles (seguridad), Bomberos municipales, Asociación de agricultores, grupo de limpieza, vecinos organizados, Iglesia Católica y grupos municipales.

6.1.8 Comités relacionados con el recurso hídrico

La administración del recurso hídrico dentro de la microcuenca, es diferente en los 3 poblados identificados en la microcuenca, siendo la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, además de la aldea Santa María Cauqué.

Para el casco urbano de Santiago Sacatepéquez la Municipalidad es el ente rector de la administración de este recurso, ya que este tiene a cargo el manejo de los pozos, nacimientos y tuberías de conducción, por medio de la oficina de agua potable. La municipalidad estableció una cuota fija de Q. 25.00 mensuales por el servicio de agua potable; teniendo una normativa donde prohíbe el uso del agua potable para uso agrícola. Existen 4 directivas de productores agrícolas en Santiago Sacatepéquez, siendo Chituc, Chacayá, Fuentes Manantiales y Cooperativa 4 pinos, en donde estas organizaciones por un costo mensual de Q. 300.00 por cuerda, brindan el servicio de agua para sistemas de riego por goteo.

En la aldea Santa María Cauqué se independizó del servicio de agua potable de Santiago Sacatepéquez, ya que estos conformaron un comité denominado “Pro-Mejoramiento” estableciendo una directiva de 14 personas que velan por el servicio, mantenimiento y funcionamiento del Nacimiento Santa María y de los Pozos mecánicos. La Aldea Santa María Cauqué estableció medidores en cada vivienda y desarrollo una tabla de costos por el servicio de agua potable (cuadro 25), en donde los pagos mensuales pueden oscilar entre los Q. 10.50 hasta Q. 75.00 y para el comerciante puede llegar hasta los Q. 225.00 mensuales, dependiendo del consumo, el pago se realiza en las instalaciones del comité

“Pro-Mejoramiento”. Así mismo existen dos cooperativas que brindan el servicio de agua para riego por goteo teniendo un costo mensual de Q. 450.00.

Cuadro 25. Costo del m³ de agua potable en Santa María Cauqué.

Cantidad en m³	Costo/m³ (Q.)
De 1 a 16	3.50
De 17 a 30	4.00
De 31 a X	4.50

La Municipalidad de San Bartolomé Milpas Altas administra el Nacimiento San Bartolomé y las 5 bombas que distribuyen el agua potable para la población, la municipalidad estableció medidores en cada vivienda, en donde si se mantienen por debajo del consumo de 30,000 L mensuales, mantendrán una cuota fija mensual, esta varía dependiendo del área que se ubique la vivienda, en donde la cuota mensual puede ser de Q. 12.00, Q. 15.00, Q. 30.00, Q. 60.00 y Q. 90.00; al superar la cuota mensual de agua tendrá un costo adicional por m³.

6.1.9 Migración

Dentro de la microcuenca existe una oferta de trabajo para mano de obra calificada, esto para laborar en las industrias textiles. La mano de obra no calificada migra hacia los campos de producción de hortalizas. Así mismo las migraciones educativas se ven reflejadas dentro de la microcuenca ya que los estudiantes reciben su educación en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, La Antigua Guatemala o la Ciudad Capital.

6.1.10 Costumbres y tradiciones

Dentro de la microcuenca prevalece la costumbre de utilizar las pilas municipales para realizar el lavado de la ropa, actividad donde se intercambian conversaciones del diario vivir, muchos de los municipios de Guatemala ha perdido dicha costumbre. Dentro de la microcuenca existe la tradición de celebrar el 1 de noviembre de cada año con los tradicionales barriletes gigantes de Santiago Sacatepéquez.

6.1.11 Salud

La infraestructura de salud dentro de la microcuenca, cuanta con un centro de salud, ubicado en el casco urbano de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, un puesto de salud en Aldea Santa María Cauqué y centros de convergencia. La cobertura en salud en la microcuenca es del 40 %, esto se debe a que existen debilidades en cuanto a medicamentos, equipamiento y personal especializado para cubrir las emergencias (SEGEPLAN, 2010). El centro de salud de Santiago Sacatepéquez no tiene registros de casos de enfermedades gastrointestinales por consumo de agua contaminada en la población. La esperanza de vida para los pobladores en la microcuenca es de 68 años.

6.1.12 Educación

Al realizar caminamientos dentro de la microcuenca se constató que existen infraestructuras de educación de reciente construcción, además de remodelaciones realizadas a los centros educativos. Tanto en el casco urbano de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, como en la Aldea Santa María Cauqué se encuentran establecimientos educativos.

Como pasa en muchos centros educativos, la deserción y la migración está causando que la población estudiantil este disminuyendo. El nivel básico ha mantenido una cobertura del 35 % y el nivel primario se ha mantenido en un promedio de 95 % (SEGEPLAN, 2010).

6.1.13 Alfabetización

SEGEPLAN (2010) indica que en la microcuenca se estiman 2,770 personas analfabetas, habiendo un índice del 15.09 % de analfabetismo.

6.1.14 Desarrollo urbano

Dentro de la microcuenca se encuentra el casco urbano del municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Santiago Sacatepéquez y la aldea Santa María Cauqué. Las carreteras que se identificaron en el área urbana se encuentran pavimentadas y adoquinadas. Las carreteras que se ubican en el área productiva de la microcuenca se encuentran de terracería.

Los residentes tienen a su disposición una serie de negocios, donde adquieren lo necesario para el desarrollo de sus actividades diarias, entre los negocios identificados se encuentran farmacias, mercados, tiendas, abarroterías, licoreras, panaderías, plaza, dentistas, ferreterías, comedores, tortillerías, gasolineras, carnicerías, venta de verduras, mueblerías, florerías, café internet, cafeterías, veterinarias, sanatorios, funerarias, colegios, heladerías además de iglesias evangélicas y otras organizaciones.

Además se encuentra dentro de la microcuenca áreas recreativas para los pobladores, como lo son polideportivos municipales, parques, salones municipales, museo, cementerio, salones comunales y centros recreativos privados (figura 28).

6.1.15 Viviendas

Por el tipo de actividad que realizan los pobladores (comercio, agricultura, mano de obra calificada, remesas, etc.) de la microcuenca, la calidad de las viviendas se ven reflejadas. El material de construcción más utilizado es el block, madera y de menos porcentaje se tiene el adobe, ladrillo, así mismo para el techo utilizan la lámina metálica y el concreto.

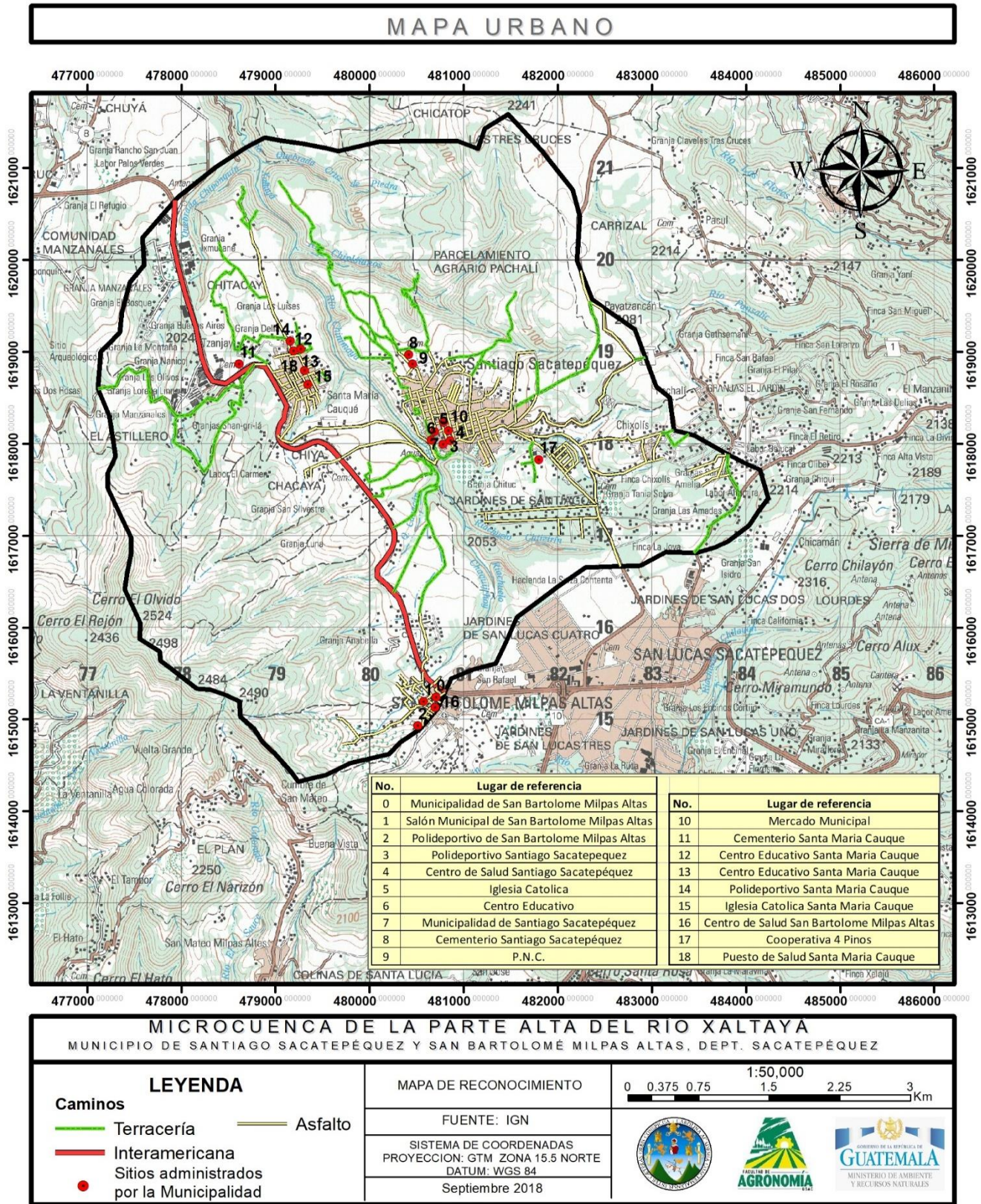
6.1.16 Usuarios del agua

Todos los habitantes que se encuentran dentro de la microcuenca se consideran usuarios del agua, ya que la requieren para realizar todas aquellas actividades domésticas, económicas y de manufactura.

El sector que emplea en mayor volumen es el sector agrícola, ya que es la principal actividad económica dentro de la microcuenca en donde se producen diversidad de cultivos anuales. Al tipificar el tipo de producción hortícola se considera que son pequeños y medianos productores y al pasar a formar parte de alguna cooperativa ya se consideran grandes productores (La cooperativa 4 pinos tienen inscritos más de 1,000 productores agrícolas). Todos los productores tienen que cancelar altas cuotas mensuales para obtener el servicio de agua para los sistemas de riegos por goteo que se emplean en los campos agrícolas.

Sobre la carretera Interamericana se ubican más de 10 complejos industriales en donde muchas de las entidades de manufactura utilizan el recurso hídrico para su operación, pero así mismo el 27.20 % del área de la microcuenca es ocupada por zonas urbanas por lo que la presión del recurso hídrico con el uso doméstico se emplean grandes cantidades de m³.

Actualmente las municipalidades de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas mantienen limitaciones al cubrir la demanda de 30,000 L mensuales por vivienda ya que los pozos mecánicos y los nacimientos captados tienden a bajar su nivel en la época de estiaje.



Fuente: Elaborado en base a IGN (2010).

Figura 28. Mapa urbano de la microcuenca.

6.1.17 Actividades económicas

La principal actividad económica dentro de la microcuenca que genera trabajo directo es la agricultura, empleando el 41.16 % de la fuerza laboral.

La mayor producción es de cultivos anuales, como lo es la cebolla (*Allium cepa*), macuy (*Solanum americanum*), perejil (*Petroselinum crispum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), arveja china (*Pisum sativum*), lechuga (*Lactuca sativa*), lechuga morada (*Chicorium intybus*), tomate (*Solanum lycopersicum*), frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*), güicoy (*Cucurbita maxima*), maíz (*Zea mays*), acelga (*Beta vulgaris*), espinaca (*Spinacia oleracea*), rábano (*Raphanus raphanistrum*) repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y zanahoria (*Daucus carota*). Además a menor escala tienen cultivos de árboles perennes, aguacate (*Persea americana*), durazno (*Prunus persica*) y café (*Coffea* sp.). Dichos productos son comercializados en los mercados locales, Centro de Mayoreo (CENMA) y terminal de la zona 4 capitalina.

El tipo de agricultura que trabajan los pobladores de la microcuenca es semi-técnificada en donde utilizan labranza mínima (preparan el suelo con azadón) y riego por goteo, aplicación de fertilizante granulado y pesticidas para el control de plagas y enfermedades por medio de bombas de mochila para aplicar el producto, las áreas delimitadas por los propietarios no son muy extensa, siendo estas de 33.5 m por 33.5 m (1 cuerda) (figura 29). La segunda actividad económica generadora de empleo es la industria manufacturera, como maquilas, fábricas de productos, etc. en donde emplean el 21.67 % de la fuerza laboral y que posee cierto grado de capacitación para el manejo de maquinaria y por último se encuentran los servicios comunales, el comercio informal y la construcción con índices de 9.36 %, 8.71 % y 7.9 % respectivamente (Santiago Sacatepéquez, 2017).



Figura 29. Cultivos anuales de hortalizas en la microcuenca.

De las personas encuestadas, el 60 % indicaron ser agricultores, así mismo al establecer conversaciones con personal de las municipalidades visitadas y Aldea Santa María Cauqué indicaron que la principal actividad económica dentro del área de estudio es la agricultura, haciendo la salvedad que los jóvenes ya están optando por formar parte del grupo de personas asalariados (sistema bancario, maquilas, empresas manufacturas, etc). El grado de organización entre los productores es alto, mencionando el caso de la Cooperativa 4 pinos que en la actualidad existen más de 1,000 productores asociados por los beneficios que obtienen al exportar a Estados Unidos y Europa la producción.

6.1.18 Tenencia de la tierra

Los suelos en la microcuenca se están utilizando para la producción de hortalizas y vivienda, además cuenta con área boscosa. Se distinguen tres formas de tenencia de la tierra, privada, comunal y municipal (SEGEPLAN, 2010).

6.1.19 Manejo de los desechos sólidos

En el año 2009, en el casco urbano, aldeas y comunidades de Santiago Sacatepéquez y parte de San Bartolomé Milpas Altas no contaban con un tren de aseo eficiente que colectara los desechos generados por los pobladores. En el año 2017, según información de campo recopilada en los alrededores del casco urbano y aldeas de Santiago Sacatepéquez y parte del casco urbano de San Bartolomé Milpas Altas, indican que la municipalidad de Santiago Sacatepéquez autorizó el permiso de ofrecer el servicio de recolección de basura por un costo de Q. 25.00 mensuales a un recolector de basura privado, de los cuales más del 80 % de los pobladores se negaron a cancelar, por no tener la cultura del pago de servicio, así mismo la municipalidad de San Bartolomé Milpas Altas autorizó el permiso del servicio por un costo de Q. 30.00.

A raíz de esto, se están generando una serie de basureros clandestinos dentro de la microcuenca. En la microcuenca se identificaron 3 tipos de extracción de desechos sólidos, siendo estos: 1) Pago por el servicio a un ente privado, 2) personas contratadas por la municipalidad para la recolección de los desechos sólidos y 3) población en general que opta por tirarla en barrancos o quemarla.

En la microcuenca existen dos terrenos destinados por la municipalidad de Santiago Sacatepéquez para implementar dos botaderos de basura, el cual no está siendo utilizado por los pobladores, el área con mayor problema de contaminación por desechos sólidos se encuentra en Santiago Sacatepéquez, derivado de esta problemática se identificaron 29 botaderos de basura no autorizados dentro de la microcuenca, indicado en la figura 31.

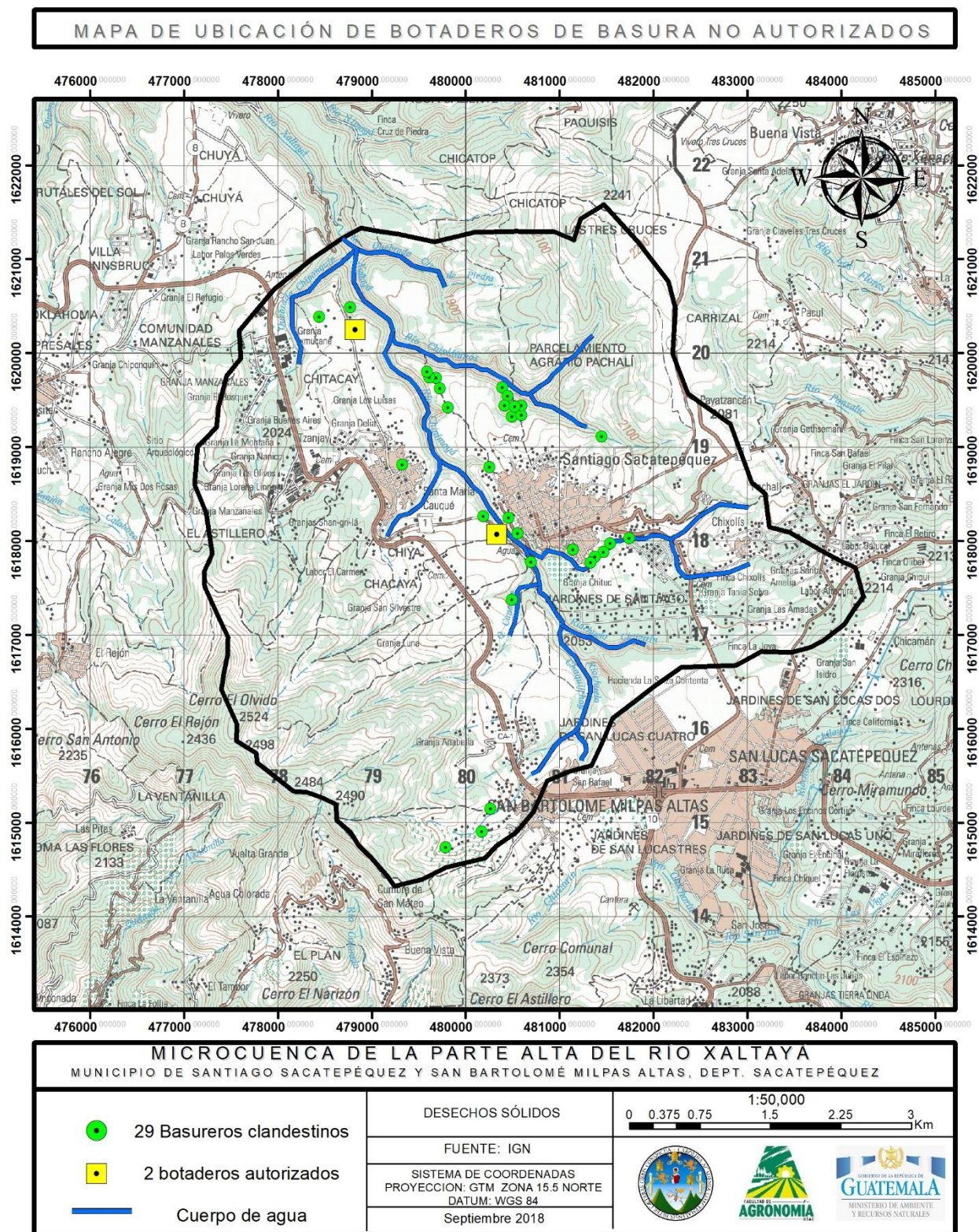
Los botaderos de basura no autorizados se encuentran ubicados en zonas no pobladas, en donde mucha de la basura identificada son botes PET, bolsas de plástico, envolturas de golosinas, ripio, pañales desechables, vidrio y en un pequeño porcentaje materiales orgánicos. Muchos de los basureros identificados miden aproximadamente 2 m de ancho por 3 m de longitud (figura 30).



Figura 30. Botaderos no autorizados identificados dentro de la microcuenca.

Todos aquellos pobladores que mantienen una cultura de pago por la extracción de basura indican que es una práctica inadecuada, botar la basura en barrancos, ya que muchos de los desechos tienen una degradación de miles de años.

De los pobladores encuestados el 40 % indicaron que si conocen proyectos o campañas de recolección de basura, pero el 60 % indicaron lo contrario. La disposición final de los desechos sólidos de las personas encuestadas dio como resultado que el 26 % la quema, el 30 % paga el servicio de recolección de basura, el 10 % barrancos o zonas no habitadas y el 34 % no quisieron indicar.



Fuente: Elaborado en base a IGN (2010).

Figura 31. Mapa de identificación de botaderos de basura no autorizados.

6.2 Aspectos biofísicos

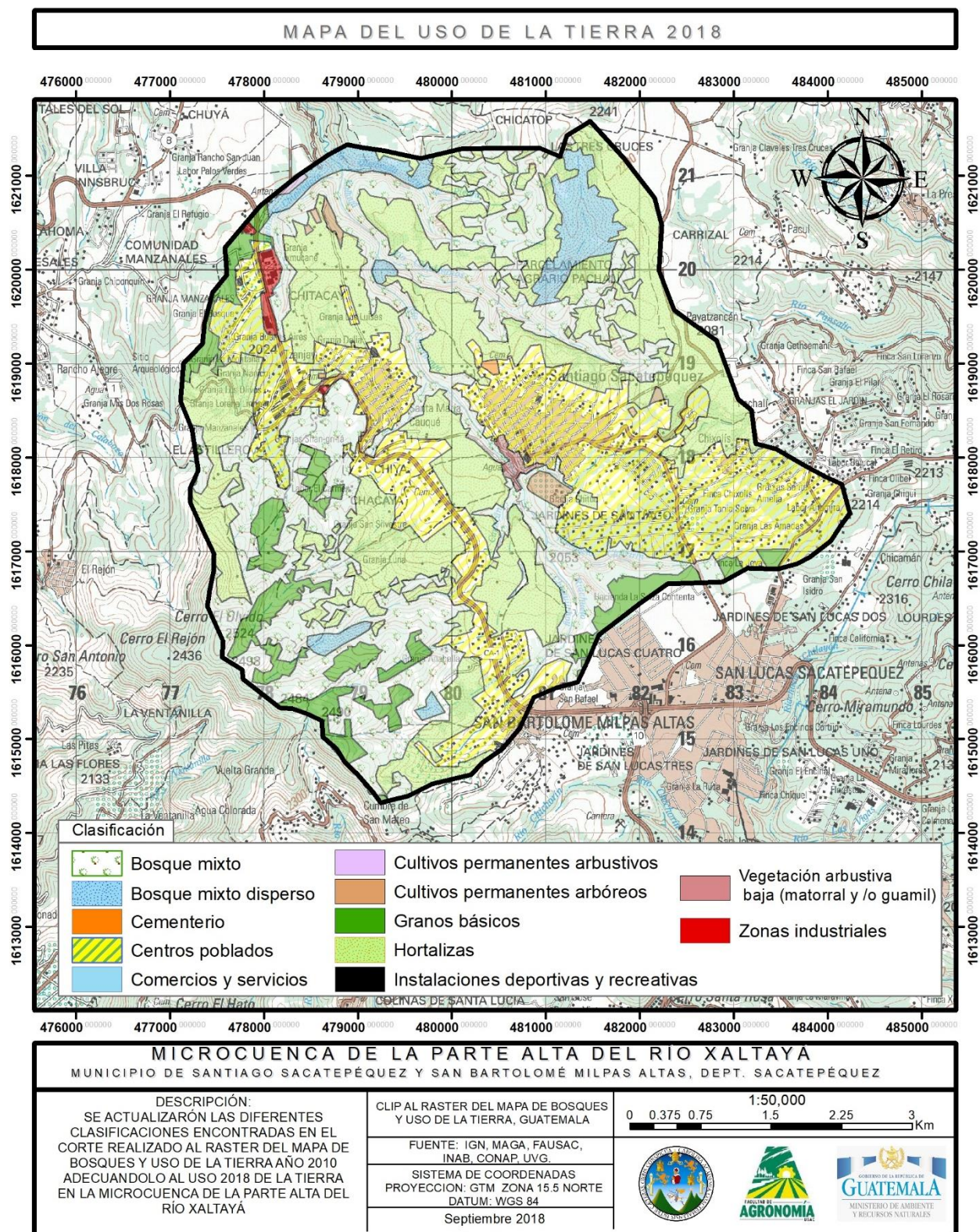
6.2.1 Uso de la tierra 2018

Se analizó el uso de la tierra 2018 en base al raster del Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sacatepéquez, realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en el año 2013. Se tomó como base el mapa de uso de la tierra para verificar en campo las variantes y desarrollar el mapa del uso actual de la tierra, año 2018, (cuadro 26 y figura 32).

Cuadro 26. Uso de la tierra en la microcuenca para el año 2018.

No.	Uso actual de la tierra	Área (km ²)	Área (ha)	Cobertura (%)
1	Bosque mixto	9.34	933.62	29.26
2	Granos básicos	2.02	202.49	6.35
3	Cultivos permanentes arbustivos	0.03	2.74	0.09
4	Hortalizas	10.12	1,011.80	31.71
5	Zonas industriales	0.15	14.84	0.47
6	Instalaciones deportivas y recreativas	0.02	1.87	0.06
7	Cementerio	0.02	2.49	0.08
8	Vegetación arbustiva baja (matorral y /o guamil)	0.09	8.96	0.28
9	Cultivos permanentes arbóreos	0.18	18.46	0.58
10	Comercios y servicios	0.00	0.25	0.01
11	Centros poblados	8.68	867.71	27.20
12	Bosque mixto disperso	1.25	125.29	3.93
	Total	31.91	3,190.52	100.00

De acuerdo del análisis realizado, la categoría de uso de la tierra de mayor porcentaje de cobertura dentro de la microcuenca, es la de producción de hortalizas (31.71 %), seguido por bosques mixtos (29.26 %) y centros poblados (27.20 %).



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2013).

Figura 32. Mapa de uso de la tierra, 2018.

A. Bosques mixtos

En las partes montañosas y en la ribera del río Chiplátanos y Chinimayá existe una cobertura vegetal dominada bosque mixto, constituido por arboles de la especie *Quercus* spp., *Pinus* spp., *Alnus arguta*, en las partes altas se encuentran algunas especies de latifoliadas, comúnmente llamados palo de montaña, mano de león, rosario, yema de huevo, entre otras.

La microcuenca por estar en la zona de vida Bosque Húmedo Montañoso Bajo Subtropical, las principales especies indicadoras de esta zona de vida son los Encinos (*Quercus conspersa*, *Quercus tritis*, *Quercus brachistachys*), asociados generalmente con algunas especies de pino (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus maximinoi*) (CONAP, 2008).

Las áreas de bosques mixtos dispersos son las zonas de mayor riesgo de desaparecer, con la implementación de cultivos (granos básicos, hortalizas, cultivos permanentes, centros poblados, etc.).

B. Granos básicos

En las partes más altas y en los terrenos con pendientes severas se está implementando cultivos de granos básicos, como lo es el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*). El cambio del uso de la tierra se evidencia en la sustitución de bosque mixto por granos básicos, esto se debe por la capacidad del cultivo a adaptarse a terrenos con limitaciones.

C. Hortalizas

Los suelos con las mejores características edáficas y topográficas se están produciendo cultivos de hortalizas, la cual es la mayor fuente de ingresos de los pobladores.

D. Centros poblados

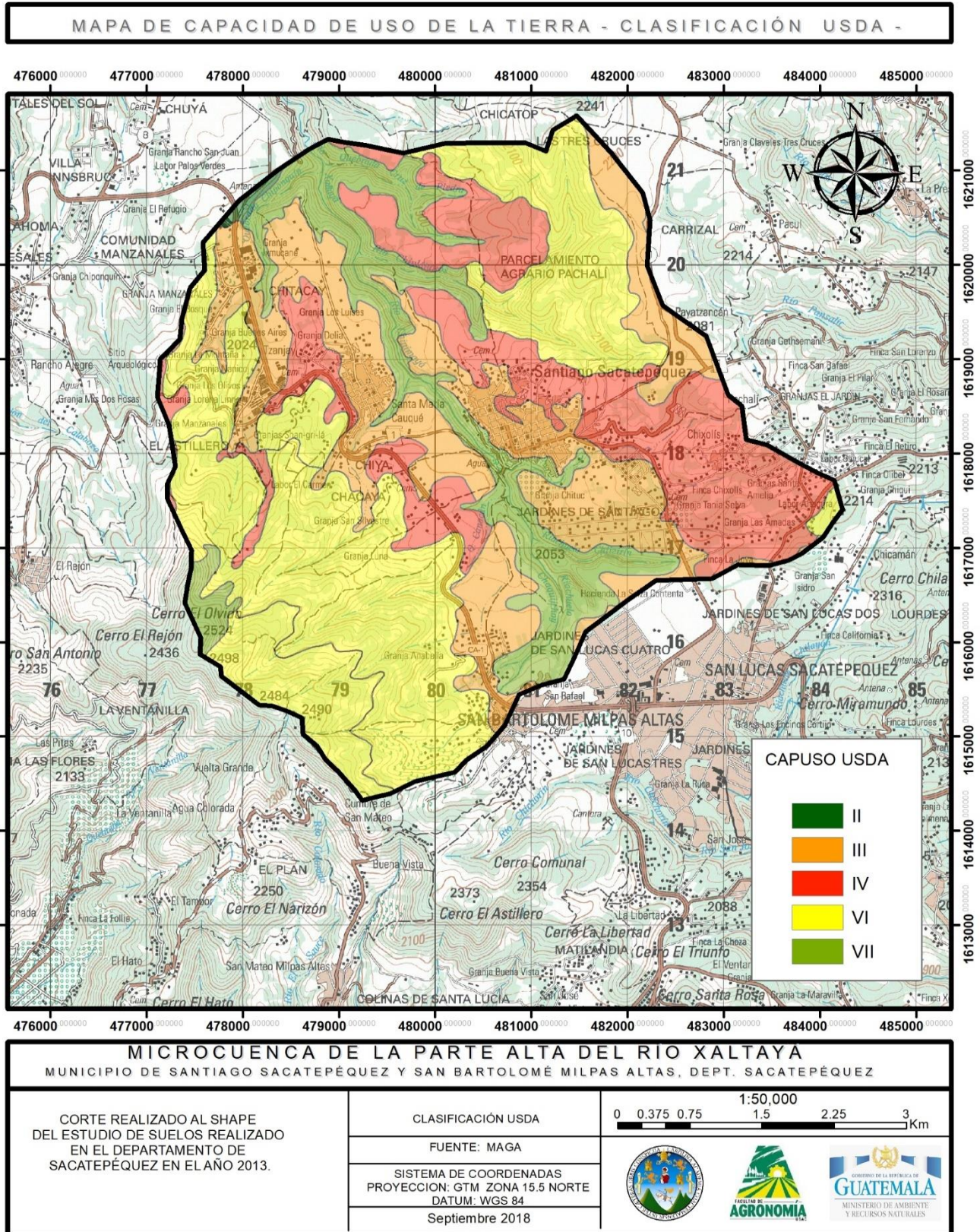
El 27.20 % del área de la microcuenca está siendo ocupada por centros poblados, lo cual está creciendo considerablemente por el aumento poblacional, la sustitución de áreas cultivables por centros poblados, vendrá a repercutir en la economía dentro de la microcuenca y a la migración de los productores.

6.2.2 Capacidad de uso de la tierra

De acuerdo al análisis realizado, se identificaron 5 categorías de USDA dentro de la microcuenca. Por las categorías que predominan en la microcuenca (clase III, IV, VI), son tierras de vocación forestal y agrícola (% de cobertura en cuadro 27 y figura 33).

Cuadro 27. Capacidad de uso de la tierra.

Clase	Nombre	Área (km²)	Área (%)
II	Tierras con algunas limitantes que reducen la elección de plantas o requieren prácticas ligeras de conservación	0.10	0.32
III	Tierras con severas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren prácticas especializadas de conservación o ambas.	7.83	24.53
IV	Tierras con limitantes muy severas que restringen la elección de cultivos o requieren de un manejo muy cuidadoso o ambos.	7.11	22.27
VI	Tierras con limitaciones severas que los hacen no aptos para su aprovechamiento bajo cultivos, pero que pueden ser utilizados en la producción de pastos, árboles o vida silvestre o cultivos especiales en coberturas	12.27	38.44
VII	Tierras con limitaciones muy severas que los hacen no aptos para cultivos y restringen su uso a la producción de pastos o árboles o vida silvestre.	4.61	14.44
Total		31.91	100



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2013).

Figura 33. Mapa de capacidad de uso de la tierra.

6.2.3 Intensidad del uso de la tierra

Para la intensidad de uso de la tierra se tienen 4 categorías, uso correcto, sobre uso, sub uso y áreas urbanas (cuadro 28 y figura 34).

Cuadro 28. Intensidad del uso de la tierra en la microcuenca.

Categoría	Área (km²)	Área (ha)	Área (%)
Áreas Urbanas	8.87	886.79	27.79
Sobre uso	6.08	608.31	19.07
Sub-uso	0.02	1.93	0.06
Uso correcto	16.93	1693.49	53.08
Total	31.91	3,190.52	100.00

Fuente: Elaborado en base a MAGA (2013).

En la microcuenca el 53.08 % se está utilizando correctamente, entre bosques mixtos y agricultura. El 19.07 % se está sobre utilizando, según la capacidad de uso de la tierra, el suelo es de vocación forestal y los pobladores lo están utilizando para cultivos de granos básicos y/o hortalizas.

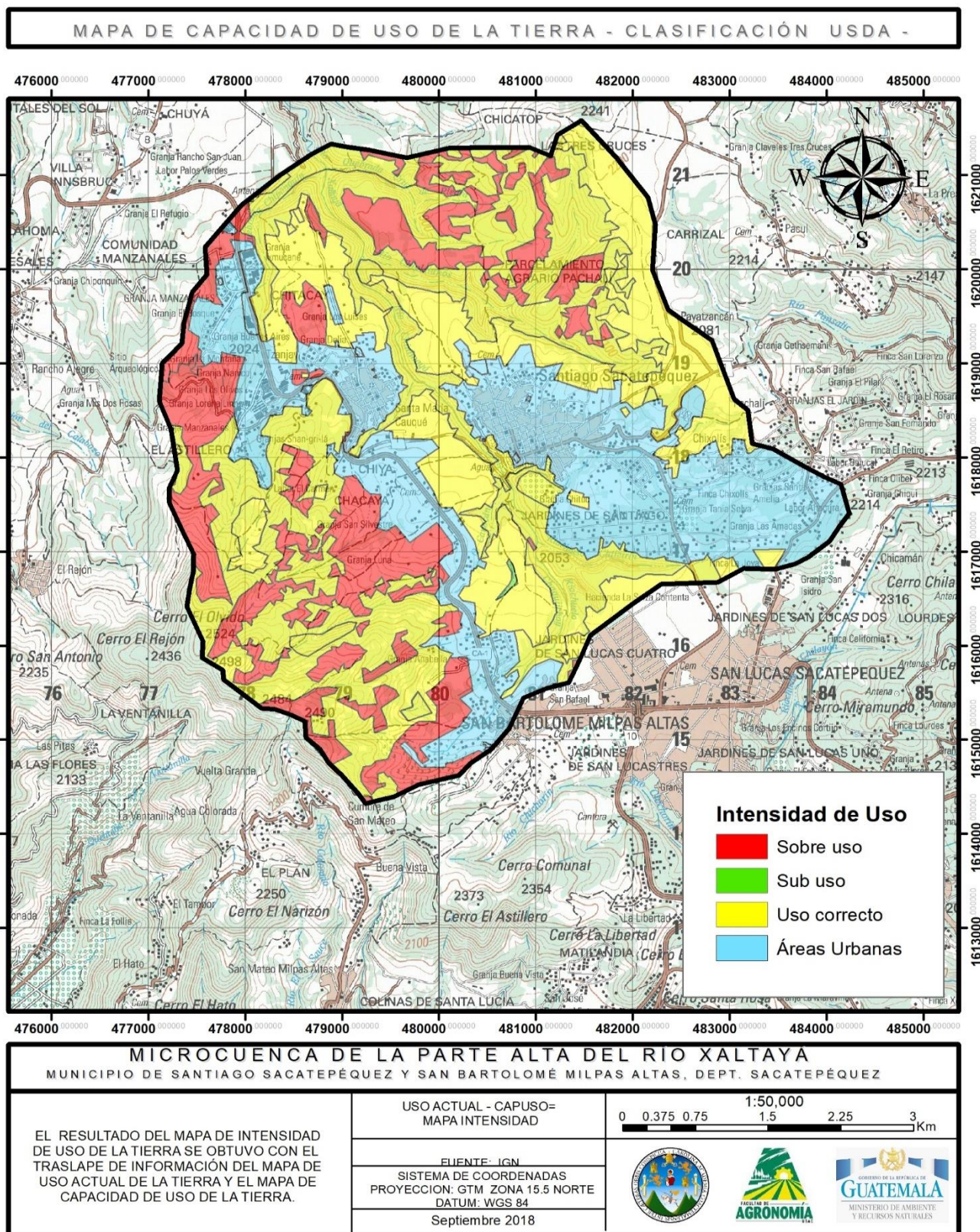
El cuadro 29, se indica las consideraciones para determinar el uso correcto, sobre uso y sub-uso en la microcuenca. La elaboración del mapa de intensidad de uso de la tierra, se encuentra a discreción de la persona que lo elaboró, ya que al comparar el resultado del uso actual y la capacidad de uso de la tierra en el área de estudio tiene la percepción de considera el resultado (uso correcto, sub uso y sobre uso).

6.2.4 Fauna

Según un estudio realizado por CONAP, (2008) indica que la población de animales es baja, por el acelerado desplazamiento de las zonas boscosas. Se reportan 53 especies de aves, de las cuales 40 especies son residentes y 13 migratorias. Y en relación a mastofauna se han reportado 15 especies de mamíferos, destacándose dentro de las mismas, el armadillo (*Dasypus novencinctus*), el tacuazín (*Didelphys marsupialis*) y la taltuza (*Orthogeomys hispidus*). Además de especies de anfibios, reptiles, arácnidos e insectos.

Cuadro 29. Matriz de decisión para determinar intensidad de uso de la tierra.

Uso actual de la tierra	Capacidad de uso de la tierra (USDA)	Intensidad de uso de la tierra
Bosque mixto	VI	Uso correcto
Bosque mixto	III	Sub uso
Bosque mixto	VII	Uso correcto
Granos básicos	VI	Sobre uso
Granos básicos	VII	Sobre uso
Granos básicos	III	Uso correcto
Granos básicos	IV	Uso correcto
Granos básicos	II	Uso correcto
Cultivos permanentes arbustivos	II	Uso correcto
Hortalizas	VI	Sobre uso
Hortalizas	VII	Sobre uso
Hortalizas	III	Uso correcto
Hortalizas	IV	Sobre uso
Zonas industriales	IV	Áreas Urbanas
Zonas industriales	III	Áreas Urbanas
Zonas industriales	II	Áreas Urbanas
Instalaciones deportivas y recreativas	VI	Áreas Urbanas
Instalaciones deportivas y recreativas	III	Áreas Urbanas
Instalaciones deportivas y recreativas	IV	Áreas Urbanas
Cementerio	IV	Uso correcto
Vegetación arbustiva baja (matorral y /o guamil)	VII	Uso correcto
Cultivos permanentes arbóreos	III	Uso correcto
Cultivos permanentes arbóreos	IV	Uso correcto
Cultivos permanentes arbóreos	VII	Sobre uso
Comercios y servicios	VI	Áreas Urbanas
Centros poblados	III	Áreas Urbanas
Bosque mixto disperso	VI	Uso correcto
Bosque mixto disperso	VII	Uso correcto
Hortalizas	VI	Sobre uso
Hortalizas	IV	Sobre uso



Fuente: Elaborado en base a MAGA (2013).

Figura 34. Mapa de intensidad de uso de la tierra.

6.2.5 El recurso hídrico en la microcuenca

Dentro de la microcuenca no existe ningún plan para el manejo del recurso hídrico. El servicio de agua entubada es administrado por la municipalidad de Santiago Sacatepéquez, San Bartolomé Milpas Altas y por el comité Pro-mejoramiento ubicado en la aldea Santa María Cauqué. Dentro de la microcuenca captan nacimientos y realizan pozos mecánicos. El cauce del río Chiplátanos es utilizado para el cultivo de berro y bebedero de bestias de carga, en pocas ocasiones lo utilizan para consumo humano (aunque este cuenta con características para consumo) ya que el 93 % de la población mantienen el servicio de agua entubada.

A. Agua municipal domiciliaria

El 93 % de las viviendas son abastecidas con agua clorada de los nacimientos de agua captados y de los pozos mecánicos perforados. La administración del servicio es diferente en los 3 poblados identificados en la microcuenca, siendo la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez, San Bartolomé Milpas Altas y la aldea Santa María Cauqué. Los costos del servicio varían y se detallan en el subtítulo “*Comités relacionados con el recurso hídrico*” numeral 6.1.8 de este documento.

Dentro de la microcuenca se ubican 4 nacimientos que abastecen a los pobladores. 3 nacimientos se ubican en Santiago Sacatepéquez los cuales abastecen al casco urbano y a la aldea Santa María Cauqué y en San Bartolomé Milpas Altas se ubica un nacimiento y 5 pozos mecánicos los cuales abastece al casco urbano (cuadro 30).

B. Agua para sistemas de riego

Dentro de la microcuenca existen 5 directivas (Grupos) que brindan el servicio de agua entubada para sistemas de riego por goteo. La cuota mensual por usuario es de Q. 300.00 por cuerda de tierra (33.5 m por 33.5 m), la mayoría de usuarios tienen más de 3 cuerdas de tierra con sistema de riego por goteo, pero existen agricultores que no se encuentran dentro de la directiva del riego por goteo, principalmente cultivan en invierno. Inicialmente la bomba que utilizaban era eléctrica, pero los costos de mantenimiento eran demasiado elevados por lo que la directiva optó por utilizar una bomba a diésel (cuadro 31).

Existen productores que captan nacimientos de agua que se encuentran a la ribera del río Chinimayá, estos nacimientos son captados antes que el agua se mezcle con las aguas negras que fluye en el río, los agricultores realizan estructuras para captar el agua y trasladarla hacia las parcelas donde se cultivan hortalizas; otros agricultores optan por elaborar pozos privados para riego de hortalizas (figura 35).

Cuadro 30. Nacimientos dentro de la microcuenca.

No.	Nombre	Coordenadas geográficas		Descripción
		Latitud norte	Longitud oeste	
1	Nacimiento La Ciénega	14°38'14.07"	90°39'43.19"	Sus aguas son utilizados para fines y uso doméstico, las cuales son captadas y tratadas con base legal al Acuerdo Ministerial de Salud y Asistencia Social 523-2013, la cual vela que estas sean aptas para el consumo humano abasteciendo a un sistema catalogado como urbano.
2	Nacimiento Chimajobel	14°37'2.58"	90°40'24.06"	
3	Nacimiento Santa María	14°37'42.03"	90°41'46.51"	
4	Nacimiento San Bartolomé	14°36'18.06"	90°40'51.25"	

Cuadro 31. Directivas de agua para riego dentro de la microcuenca.

No.	Nombre de la Directiva	Usuarios Inscritos	Cuota	Lugar
1	Chituc	130	Q. 300.00	Aldea Chituc, parte de Santiago Sacatepéquez y comunidad El León
2	Chacayá	75	Q. 300.00	A un costado de Santiago Sacatepéquez y parte de San Bartolomé Milpas Altas
3	Fuentes Manantiales	150	Q.300.00	Santiago Sacatepéquez
4	4 de Octubre	120	Q. 480.00	Santa María Cauqué y parte de San Bartolomé Milpas Altas
5	12 de Abril	120	Q. 480.00	Santa María Cauqué



Figura 35. Captación de nacimiento para sistema de riego.

C. Aguas subterráneas

En la microcuenca existen una gran cantidad de manantiales en la ribera de los ríos principalmente en el río Chiplátanos, ya que dichos manantiales hacen que el caudal del río en época seca se mantenga.

D. Río Chiplátanos

El río Chiplátanos nace en la coordenada $14^{\circ}38'49.88''$; $90^{\circ}39'39.53''$, los pobladores lo utilizan para consumo cuando la municipalidad suspende el servicio de agua entubada por periodos prolongados (de 8 a 15 días), además por las características de calidad del agua, los pobladores cultivan Berro (*Nasturtium officinale*) en el cauce del río. Toda la ribera del río está cubierta por bosque mixto y está considerado en la categoría de CUT: VII según la clasificación de USDA. El río Chiplátanos tiene una longitud de 1.80 km de su nacimiento hasta la unión con el río Chinimayá, donde se pierde la calidad del agua.

E. Río Chinimayá

El río Chinimayá nace del desfogue de 2 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) provenientes del municipio de San Bartolomé milpas altas y 1 descarga de la planta de tratamiento proveniente del municipio de Santiago Sacatepéquez, además se une el desfogue de las aguas residuales sin tratar del municipio de Santiago Sacatepéquez y de la aldea Santa María Cauqué (figura 36).



Figura 36. PTAR de San Bartolomé Milpas Altas 1 y 2.

El cauce del río Chinimayá está compuesto en su mayoría por aguas residuales, el cual escurre por 5.5 kilómetros antes de unirse con el río Chiplátanos, donde da inicio el río Xaltayá. Toda la ribera del río está cubierta por bosque mixto y está considerado en la categoría de CUT: VII según la clasificación de USDA.

F. Desfogue de aguas residuales

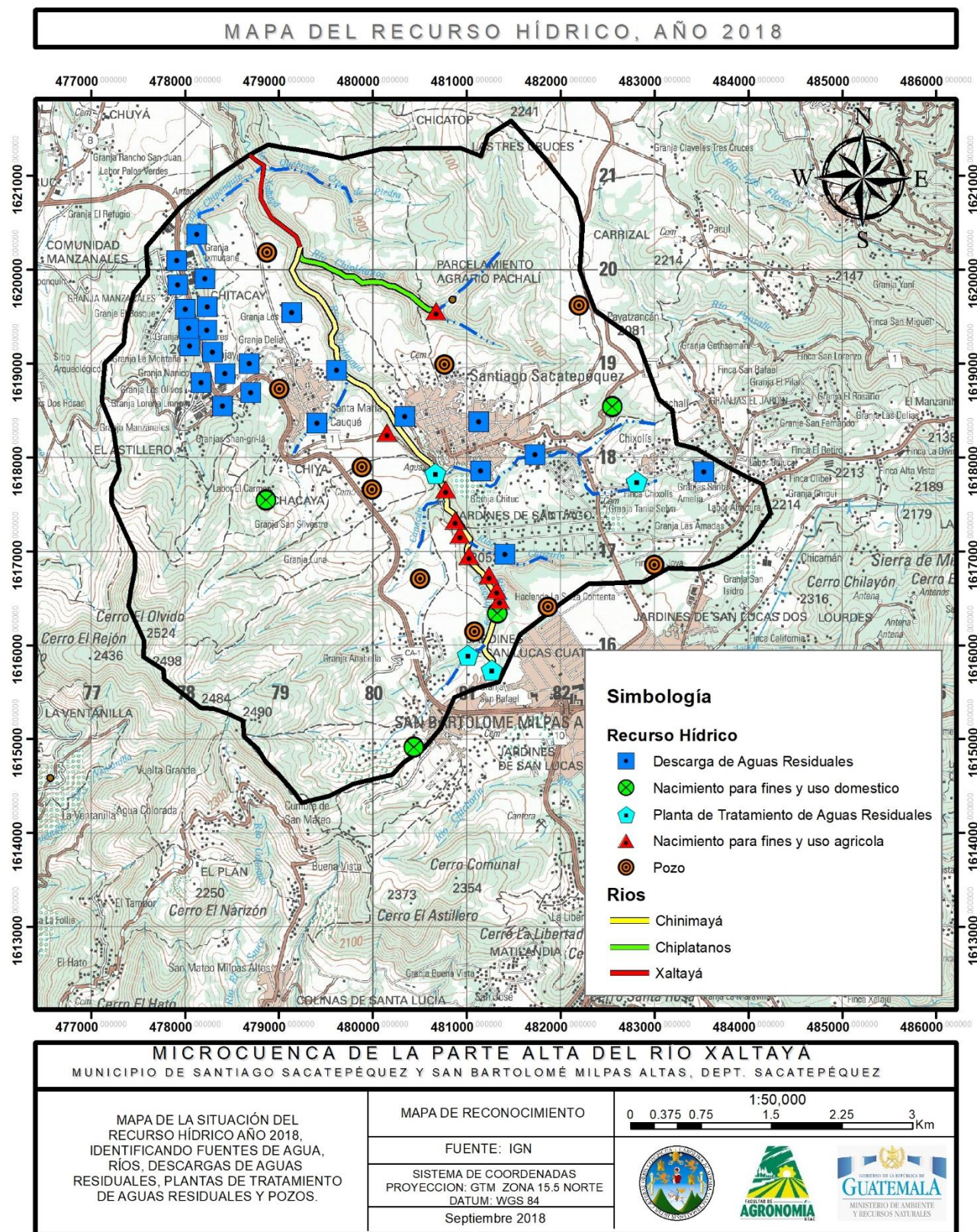
La microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, presenta una carga contaminante que supera la autodepuración de los cauces, esto se debe por el desfogue de las aguas residuales del municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Casco Urbano de Santiago Sacatepéquez, Aldea Santa María Cauqué y comunidades de Santiago Sacatepéquez, de las cuales solo las aguas residuales de San Bartolomé Milpas Altas se están tratando y un punto de desfogue del municipio de Santiago Sacatepéquez. También se tienen descargas de aguas residuales provenientes del sector industrial, los cuales se ubican sobre la carretera Interamericana (cuadro 32 y figura 37).

La municipalidad de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas cuentan con Estudio Técnico de Aguas Residuales, como parte del cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 “Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”. En dichos estudios técnicos enmarcan los avances que se han realizado en relación al manejo de las aguas residuales generadas, número de puntos de descarga y caracterización de las mismas.

Las municipalidades tienen al 31 de noviembre de 2019 para cumplir con la primera etapa de cumplimiento del Acuerdo Gubernativo y seguidamente se divide en 3 etapas más, finalizando el 02 de mayo de 2031 las etapas de cumplimiento del acuerdo ante el MARN.

Cuadro 32. Puntos de descarga de aguas residuales municipales identificadas.

No.	Nombre de la descarga	Latitud norte	Longitud oeste
1	El Recuerdo	14° 38'09.1"	90° 40'30.9"
2	Planta de Tratamiento, Aldea Chixoli	14° 37'48.2"	90° 39'34.5"
3	Pachali	14° 38'24.4"	90° 39'14.4"
4	Puente de la Cooperativa	14° 37'57.5"	90° 40'10.8"
5	Casco Urbano Santiago Sacatepéquez	14° 38'11.2"	90° 40'57.01"
6	Puente Santa María (Planta de Tratamiento en construcción)	14° 37'52.1"	90° 40'45.1"
7	Aldea Santa María Cauqué	14° 38'46.4"	90° 41'36.4"
8	Planta de Tratamiento 1, San Bartolomé	14° 36'48.3"	90° 40'34.5"
9	Planta de Tratamiento 2, San Bartolomé	14° 36'42.9"	90° 40'26.3"
10	Santa María Cauqué	14° 38'08.3"	90° 41'28.4"
11	Santa María Cauqué	14° 38'26.8"	90° 41'21.3"
12	Industria	14° 38'25.7"	90° 42'08.4"
13	Industria	14° 39'13.8"	90° 42'11.01"
14	Urbanización	14° 37'23.2"	90° 40'21.6"



Fuente: Elaborado en base a IGN (2010).

Figura 37. Mapa del recurso hídrico en la microcuenca.

6.3 Caracterización del recurso hídrico superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

6.3.1 Caracterización morfométrica de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

Los datos de parámetros lineales de la microcuenca se describen en el cuadro 33.

Cuadro 33. Aspectos lineales de la microcuenca.

No.	Aspectos lineal	Resultados	Interpretación
1	Perímetro	23.32 km	La microcuenca tiene un perímetro de 23.32 km.
2	Clases de corrientes		Corrientes identificadas dentro de la microcuenca
	Efímeras	4 corrientes	
	Intermitente	11 corrientes	
	Permanentes	4 corrientes	
3	Orden de corrientes		Dentro de la microcuenca se identificaron 3 ordenes de corriente, por los que se considera una microcuenca de tercer orden.
	Orden 1	11 corrientes	
	Orden 2	5 corrientes	
	Orden 3	3 corrientes	
4	Radio de bifurcación medio	1.93	En la microcuenca no existen muchas bifurcaciones entre las corrientes.
5	Longitud media de corrientes	1.16 km	Por tener una longitud corta refleja pendientes fuertes, eso indica que tiene mayor fluidez la corriente del río.
	Lū 1	0.94 km	
	Lū 2	1.16 km	
	Lū 3	1.40 km	
6	Radio de longitud media	0.64 Km	Es un indicador de buen drenaje, en relación al cauce del río
	RL3	0.72	
	RL2	0.56	
7	Longitud acumulada de corriente	20.31 km	20.31 km es la longitud total del cauce del río que se encuentra dentro de la microcuenca
	LA 1	10.33 km	
	LA 2	5.79 km	
	LA 3	4.19 km	

La microcuenca tiene un perímetro de 23.32 km, identificando las corrientes efímeras, intermitentes y permanentes, en donde la corriente permanente está compuesta por el cauce del río Chinimayá, río Chiplátanos y parte del Xaltayá. La microcuenca se determinó como un orden tres, con 19 corrientes (con buen drenaje y altas pendientes) y un radio de bifurcación medio de 1.93, la longitud acumulada de corriente es de 20.31 km, (figura 38).

6.3.2 Determinación de aspectos de superficie de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

Se determinaron los parámetros de superficie de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, y se describe en el cuadro 34.

Cuadro 34. Aspectos de superficie de la microcuenca.

No.	Aspectos de superficie	Resultados	Interpretación
1	Área	31.91 km ²	Es la superficie del área drenada.
2	Forma de la cuenca		Según los dato obtenido, la cuenca tiene una forma entre circular a ovalada
	Relación de forma	0.63	
	Relación circular	0.73	
	Radio de elongación	0.9	
3	Densidad de Drenaje	0.64 km/km ²	Poca densidad de drenaje
4	Densidad de corrientes	0.60 corrientes/km ²	Muy poca densidad de corrientes

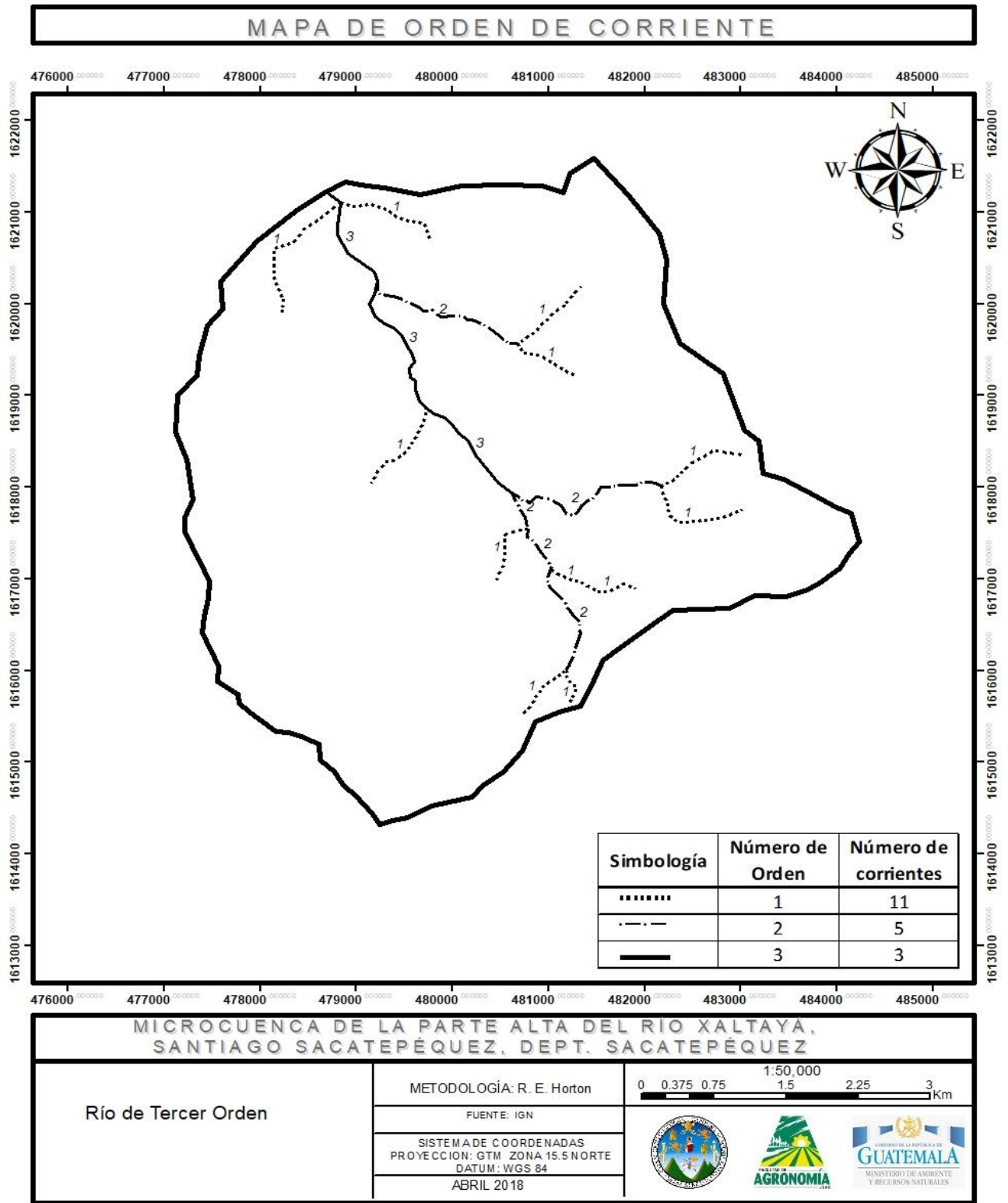
La microcuenca de la parte alta del río Xaltayá tiene un área de 31.91 km², por lo que se le atribuye el nombre de microcuenca, con una forma redondeada determinada por la relación de forma, relación circular y radio de elongación. Esta microcuenca presento datos bajos de densidad de drenajes y de corrientes, esto podría ser por que más del 50 % de la microcuenca no se encuentra cubierta por alguna red de drenaje (figura 38).

6.3.3 Determinación de aspectos de relieve de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

La determinación de los parámetros de relieve de la microcuenca del río Xaltayá de describen en el cuadro 35.

Cuadro 35. Aspectos de relieve de la microcuenca.

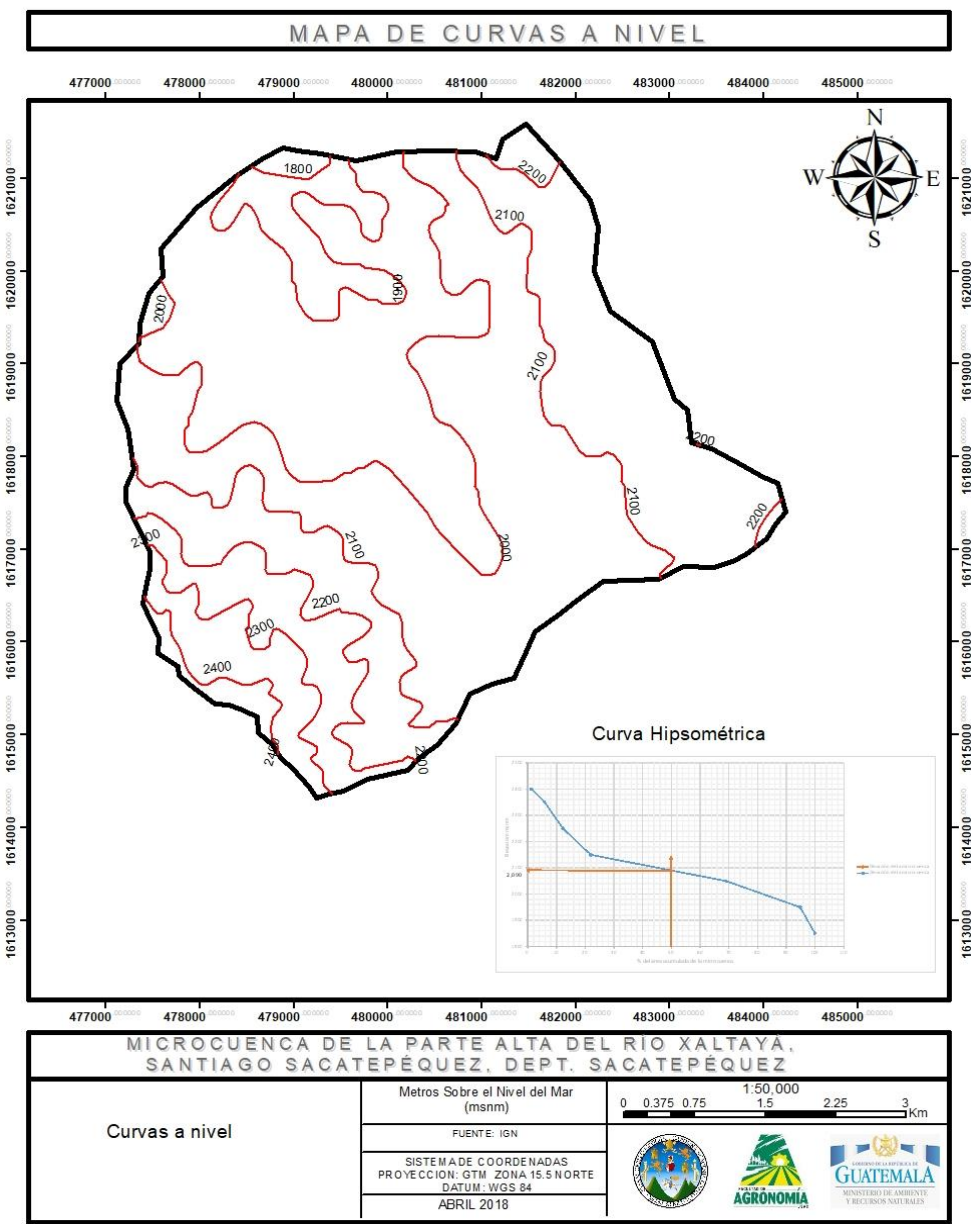
No.	Aspectos de relieve	Resultados	Interpretación
1	Pendiente media de la microcuenca	15.95 % (P2)	Pendiente moderada
2	Pendiente del cause principal	4.23 %	Flujo aceptable del cauce.
3	Elevación máxima	2,400 m s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
	Elevación media de la microcuenca	2,090 m s.n.m.	
	Elevación mínima	1,800 m s.n.m.	
4	Coeficiente de relieve	1.18×10^{-4}	presenta relieve tan pronunciado
5	Coeficiente de Robustes	60	



Fuente: Elaborado en base a IGN (2010).

Figura 38. Mapa de orden de corriente en la microcuenca.

La microcuenca presenta un relieve no muy pronunciado, está de ondulado a plano, por lo que tiene clasificación P2 siendo esta “relieve moderado”, su mayor grado de pendiente se encuentra entre los rangos de 2,150 m a 2,400 m s.n.m. (parte alta de la microcuenca). La pendiente del cauce principal es de 4.23 %, se considera la velocidad del flujo de la corriente media. Según la curva hipsométrica esta microcuenca se encuentra en equilibrio, entrando a la fase de madurez (figura 39).



Fuente: Elaborado en base a IGN (2010).

Figura 39. Mapa de curvas a nivel de la microcuenca.

6.3.4 Calidad del agua superficial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

Se realizaron análisis de calidad del agua al río Chinimayá como al río Chiplátanos en el Laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizando la toma de muestra el 04 de abril 2018.

A. Resultados de laboratorio del río Chinimayá

Metodología utilizada: técnica “Standard Methods for the examination of water and wastewater” de la A.P.H.A. – W.E.F. 21st Normas COGUANOR NGO 4 010. Sistema internacional de unidades (SI), Guatemala. Estos resultados se presentan en el cuadro 36.

Cuadro 36. Parámetros físico-químicos y biológicos de la calidad del agua.

Análisis Físico-Químico de aguas residuales de origen doméstico y/o desechos industriales		
Fecha de recolección de muestra: 04-04-2018		Hora: 7:40 a.m.
Análisis	Parámetro	Unidad
Físico	Sabor	---
	Olor	Ligero séptico
	Temperatura	25 °C
	Color	167.00 unidades
	Turbidez	presente
	Sólidos sedimentables	01.00 cm ³ /L en 1 h
	Sólidos suspendidos	106.00 mg/L
Químico	Ph	6,97 unidades
	fosfato (PO ₄)	2 600 mg/L
	Nitrato	1 716.00 mg/L
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	72.0 mg/L
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	192.0 mg/L
Examen Bacteriológico		
Biológico	Coniformes Totales NMP/100mL	>1,6 x 10 ⁶ NMP/100 mL
	Coniformes Fecales NMP/100mL	>1,6 x 10 ⁶ NMP/100 mL

B. Resultados de laboratorio del río Chiplátanos

Metodología utilizada: Técnica “Standard Methods for the examination of water and wastewater” de la A.P.H.A. – W.E.F. 21st Normas COGUANOR NGO 4 010. Sistema internacional de unidades (SI), Guatemala. Estos resultados se presentan en el cuadro 37.

Cuadro 37. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Normas COGUANOR		Resultados
		LMA	LMP	
Color	u	5.0	35.0	14,00
Aspecto		No rechazable		Clara
Olor		No rechazable		Inodora
Turbiedad	UNT	5.0	15.0	01,77
Temperatura	° C	15-25	34	25
Sólidos disueltos	mg/l	500	1000.0	71,00
Oxígeno Disuelto	mg/L	---	> 5.0	
Conductividad eléctrica	µS/cm	100	750	134,20
Potencial de hidrogeno (pH)	unid	7.0-7.5	6.5-8.5	7,52
Fosfatos (PO ₄ -3)	mg/L	---	1.3	
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	---	10.0	5,20
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	---	1.0	0,015
Amoniaco (NH ₃ -N Salic)	mg/L	---	< 1.5	00,03
Calcio (Ca)	mg/L	75	150	15,23
Manganeso (Mn)	mg/L	0.050	0.50	00,026
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	100	250	8,00
Magnesio (Mg)	mg/L	50	100	1,44
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	100	250	1,00
Hierro Total (Fe)	mg/L	0.1	1	00,16
Dureza Total	mg/L		100	44,00
Hidroxidos	mg/L			00,00
Carbonatos	mg/L			00,00
Bicarbonatos	mg/L			74,00
Alcalinidad Total	mg/L			74,00

Desde el punto de vista de la calidad física y química, la muestra cumple con las normas COGUANOR 29001-99. Según normas de Calidad para fuentes de agua de las Normas Internacionales para el Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN IV: Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales; estas fuentes solo se utilizarán en último extremo, según normas de Calidad para las Fuentes de Agua de las Normas Internacionales para el Agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), (cuadro 38).

Cuadro 38. Parámetros biológicos de la calidad del agua para consumo humano.

Examen Bacteriológico		
Parámetro	LMP	Resultados
Coliformes Totales NMP/100 mL	< 2 NMP/100 mL	2.2×10^5
Coliformes Fecales NMP/100 mL	< 2 NMP/100 mL	4 500
<i>Escherichia coli</i> Migula	Sin presencia	-----

6.3.5 Balance hidrológico de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

A. Datos climáticos

Los datos climáticos como temperatura y precipitación pluvial de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, fueron recopilados por las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH ubicada a una altitud de 1,502 m s.n.m. y en la coordenada geográfica N 14° 35' 11.6" W 90° 31' 57.6" y la estación Suiza Contenta ubicada a una altitud de 2,102 m s.n.m. y en la coordenada geográfica N 14° 37' 08.6" W 90° 39' 39.7".

a. Precipitación pluvial mensual

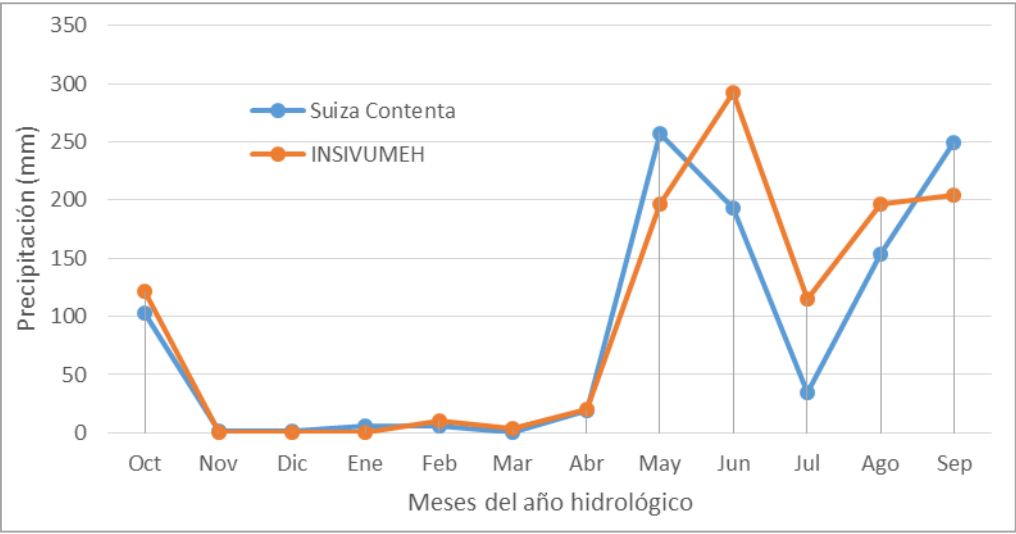
La precipitación fue proporcionada en milímetros promedio mensual para las dos estaciones meteorológicas en el período de octubre de 2017 a septiembre de 2018.

La época seca estuvo comprendida por los meses de noviembre a abril y la época lluviosa estuvo comprendida por los meses de mayo a octubre, según datos del registro climático de las estaciones INSIVUMEH y Suiza Contenta, (cuadro 39 y figura 40), en el mes de julio y parte de agosto se presentó un período seco denominado canícula.

Cuadro 39. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas.

Estación	Latitud	Longitud	Precipitación	2017			2018									Anual
				Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Suiza Contenta	14° 37' 08.6"	90° 39' 39.7"	mm	102.6	1	1	5.8	5.9	0	19	257.7	194	34.2	153.3	249.5	1023.7
INSIVUMEH	14° 35' 11.6"	90° 31' 57.6"	mm	121.3	0	0.1	0.4	10.5	3.1	19.7	196.3	293	115	196.3	204.2	1159.9

Fuente: INSIVUMEH, 2017.



Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Figura 40. Precipitación mensual promedio dentro de la microcuenca.

En la figura 40, se indica que entre los meses de mayo y junio fue donde se registró mayor precipitación, reportándose 257.7 mm y 293 mm consecutivamente; en el mes de marzo fue donde se registró 0 mm de lluvia.

b. Precipitación media de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

La precipitación media de la cuenca se obtuvo por el método de isoyetas. En el cuadro 40, se presentan los valores y áreas de cada Isoyetas, obteniendo como resultado final, la precipitación media de la microcuenca, siendo esta de 1,095 mm anuales. En la figura 41, se muestra la distribución de las isoyetas dentro de la microcuenca.

Cuadro 40. Precipitación media de la microcuenca por medio del método de Isoyetas.

No.	Isoyetas	Área (km ²)	Precipitación media (mm/km ²)	Área * Pp (mm)	precipitación media de la microcuenca (mm)
1	1025 - 1050	1.29	1,037.5	1338.375	1,095
2	1050 - 1075	8.44	1,062.5	8967.5	
3	1075 - 1100	10.28	1,087.5	11179.5	
4	1100 - 1125	3.12	1,112.5	3471	
5	1125 - 1150	8.78	1,137.5	9987.25	
	Sumatoria	31.91		34,943.625	

Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

B. Temperatura mensual

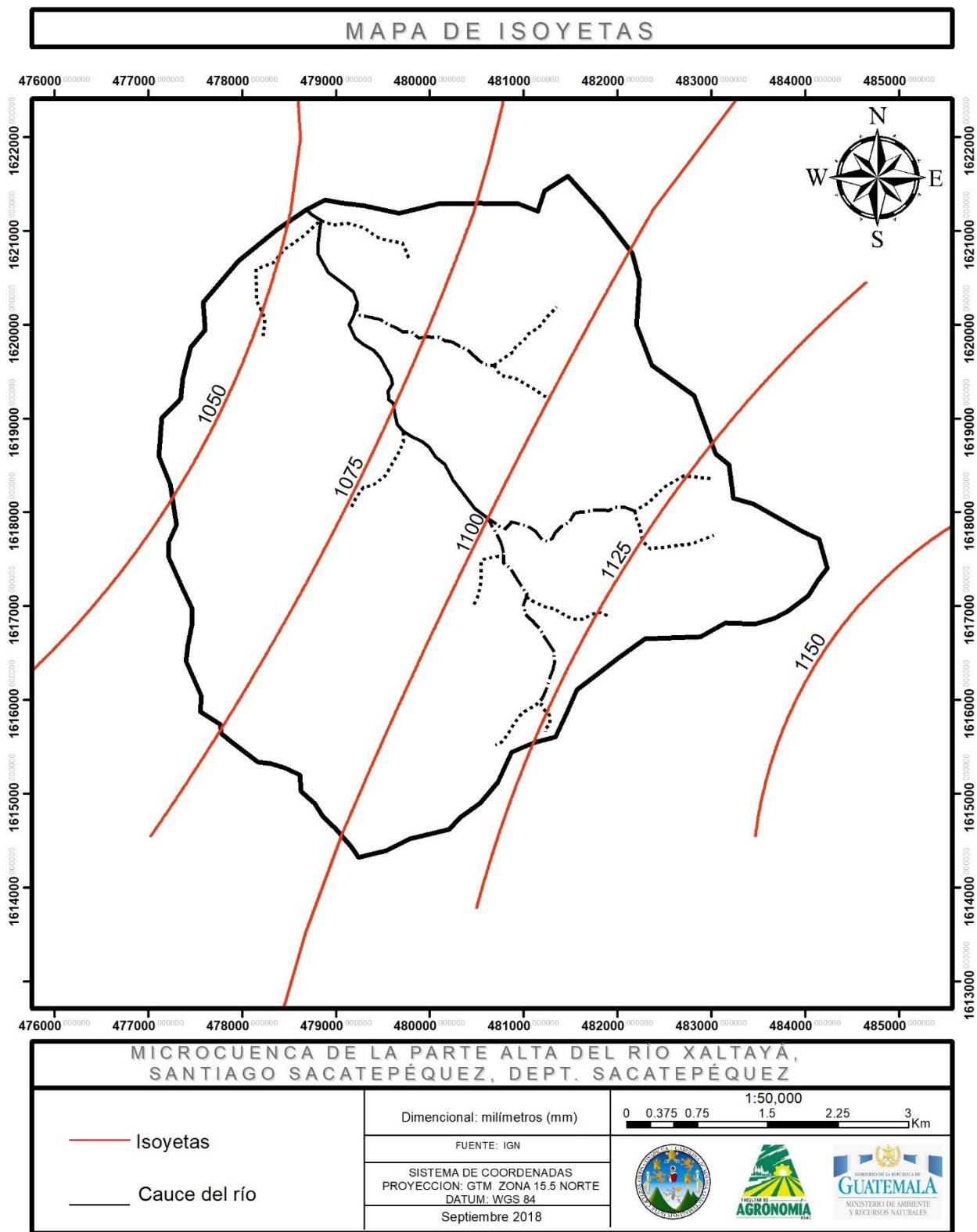
La temperatura promedio mensual se determinó mediante la recopilación de datos de las estaciones meteorológicas INSIVUMEH y Suiza Contenta en el período de octubre 2017 a septiembre 2018 (cuadro 41). Teniendo como resultados en la parte baja de la microcuenca la temperatura media anual de 17 °C, mostrando un aumento en la temperatura en la parte media y alta de la microcuenca siendo de 20.51 °C.

Cuadro 41. Temperatura media de las estaciones meteorológicas registradas.

Estación	Latitud	Longitud	Temperatura °C	2017			2018									Anual
				Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Suiza Contenta	14° 37' 08.6"	90° 39' 39.7"	Minima	5	2	0	1.2	2	0	5	7	8.5	5	6	7.6	16.58
			Media	17	16	16	15	15	16	17	17.6	17	17	17.3	18	
			Maxima	24.8	23.8	25	24	24	26.4	25.4	25.6	24.2	25.2	24.8	24.8	
INSIVUMEH	14° 35' 11.6"	90° 31' 57.6"	Minima	14	11.6	9.5	12	13	12.5	13	15	15	16	16.6	17.8	20.51
			Media	20.2	19.5	19	19	20.1	21.6	21.3	21.6	20.7	21.5	21.3	20.8	
			Maxima	27.6	26.8	27	29	29.5	31	31	29.6	26.9	27.9	26.1	28.1	

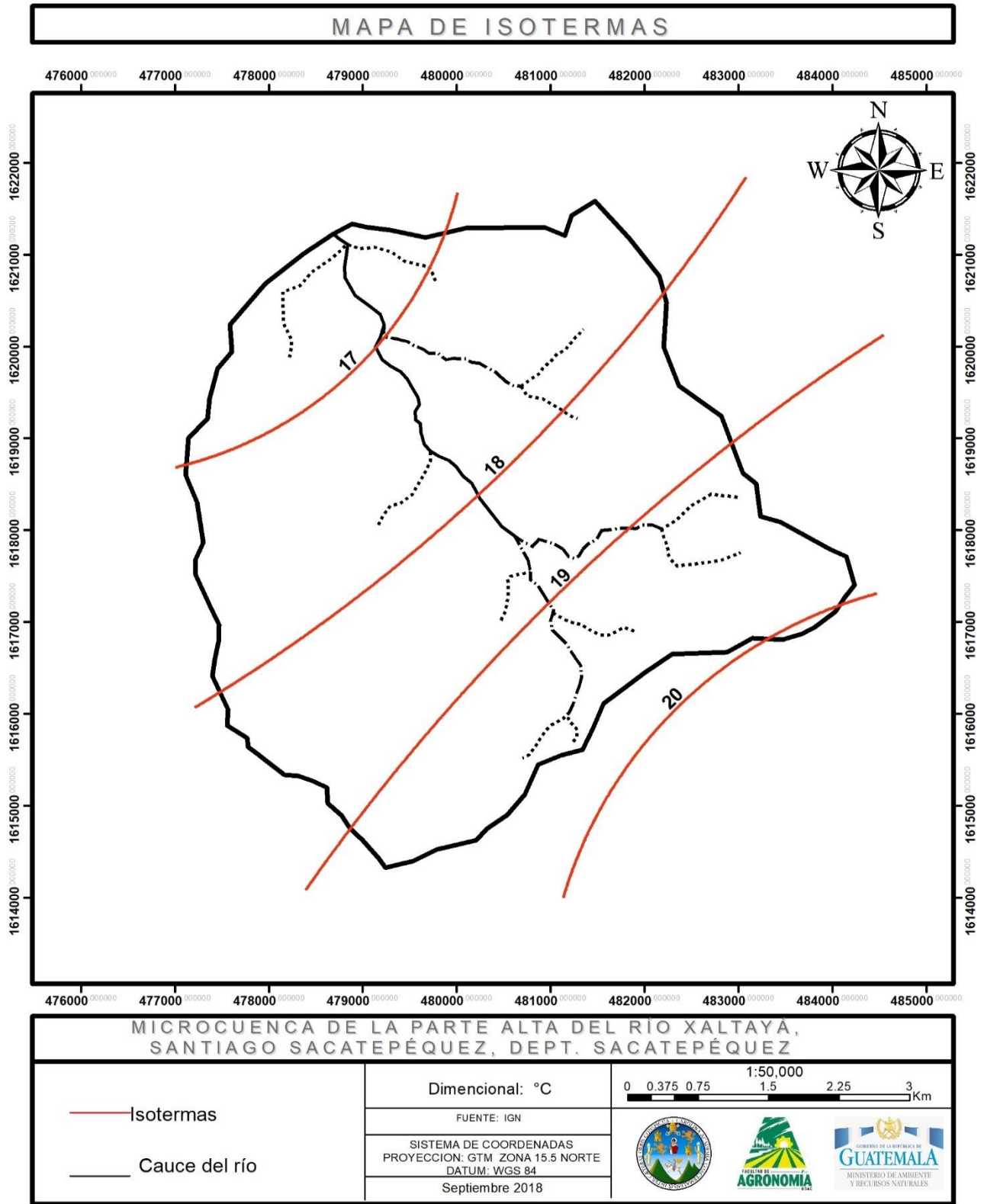
Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

En la figura 42, se presenta el mapa de isotermas de la microcuenca.



Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

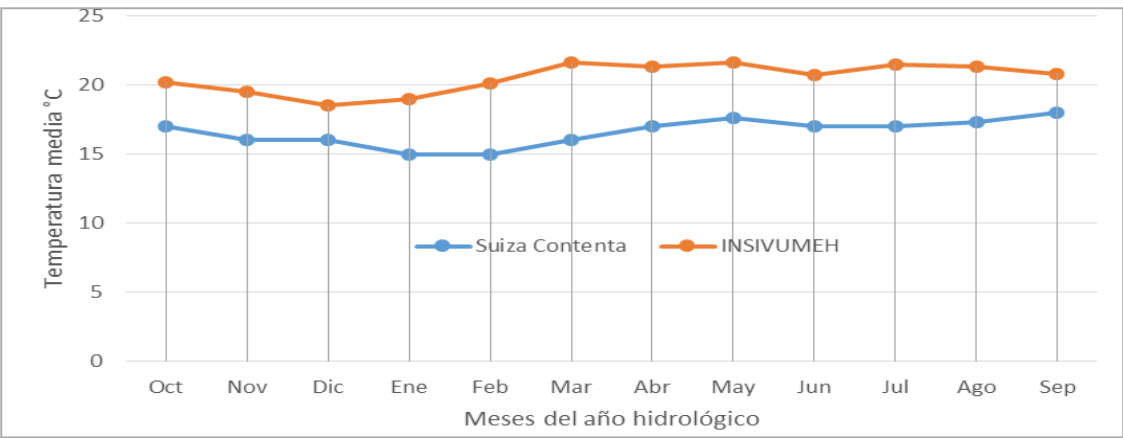
Figura 41. Mapa de isoyetas de la microcuenca.



Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Figura 42. Mapa de isotermas en la microcuenca.

En la figura 43, se ilustra el comportamiento de la temperatura durante el año hidrológico de las dos estaciones meteorológicas, disminuyéndose de manera homogénea sin mayores cambios.

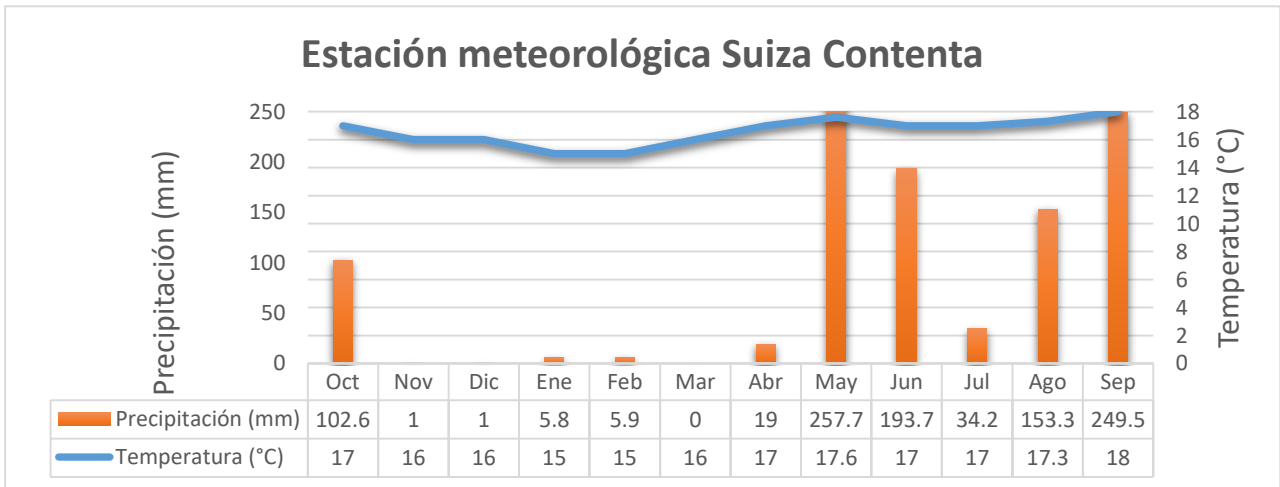


Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Figura 43. Temperatura promedio mensual en la microcuenca.

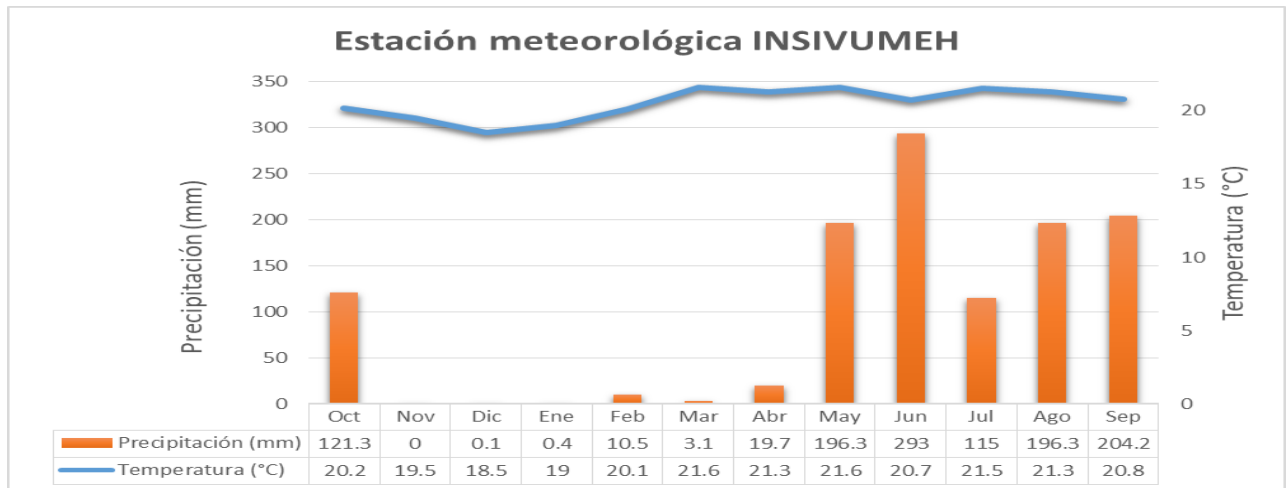
Los datos de precipitación mensual y temperatura media mensual de las estaciones meteorológicas Suiza Contenta e INSIVUMEH se representan en las figuras 44 y 45, identificando la época seca entre los meses de noviembre y marzo; la precipitación máxima se presentó en mayo y septiembre, la época lluviosa está entre mayo a octubre, las temperaturas más bajas se presentaron en los meses de noviembre a enero y las temperaturas más altas entre los meses de marzo y abril.

C. Climadiagrama



Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Figura 44. Climadiagrama para la estación meteorológica Suiza Contenta.



Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Figura 45. Climadiagrama para la estación meteorológica INSIVUMEH.

D. Cálculo de evapotranspiración potencia mensual por el método de Hargreaves

La metodología empleada para el cálculo de la evapotranspiración por el método de Hargreaves, se consideró el parámetro de temperatura y humedad relativa, (cuadro 42 y 43; figura 46).

Cuadro 42. Humedad relativa mensual en la microcuenca.

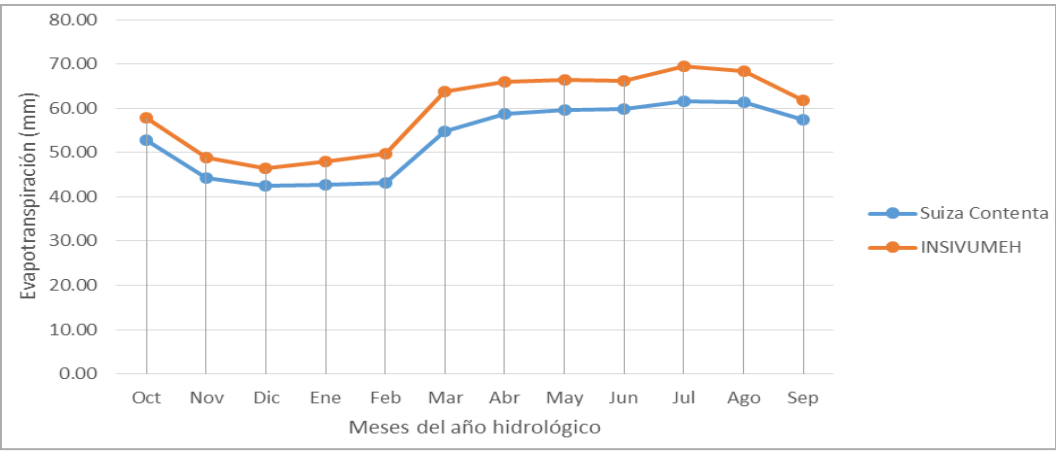
				2017			2018									
Estación			Humedad R. (%)	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Pro Anual
Suiza Contenta	14° 37' 08.6"	90° 39' 39.7"	Media	80	76	74	74	68	65	71	77	77	72	76	80	74
INSIVUMEH	14° 35' 11.6"	90° 31' 57.6"	Media	80	76	74	75	68	64	68	74	79	74	73	81	74

Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Cuadro 43. Cálculo de la evapotranspiración mensual de las estaciones meteorológicas de la microcuenca.

		2017			2018									
Estación	ETP	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Anual
Suiza Contenta	mm	52.87	44.34	42.57	42.69	43.04	54.72	58.63	59.59	59.80	61.55	61.35	57.32	638.47
INSIVUMEH	mm	57.74	48.94	46.36	47.90	49.74	63.79	65.89	66.33	66.16	69.52	68.36	61.80	712.53

Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).



Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Figura 46. Evapotranspiración mensual por el método de Hargreaves.

En la figura 46, se muestra que en los meses de marzo a agosto se reportó la mayor evapotranspiración para las dos estaciones y una disminución en los meses de octubre a enero de 2017 y septiembre de 2018.

a. Evapotranspiración media por medio de Isopletras

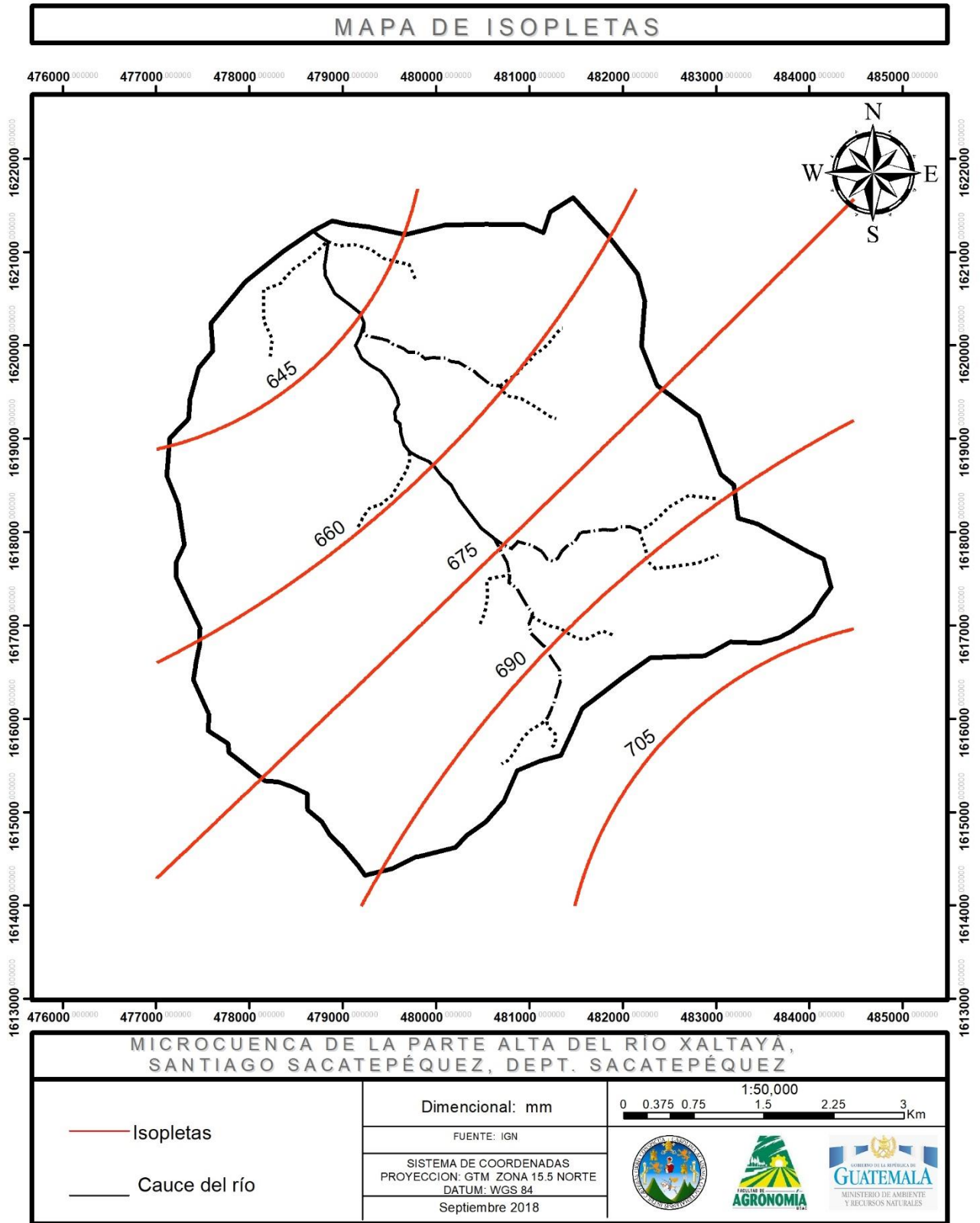
Evapotranspiración potencial del área de la microcuenca, la cual se obtuvo por medio del cálculo de Isopletras anuales. En el cuadro 44, se observan las áreas y los valores de evapotranspiración entre cada Isopleta, donde se obtuvo una ETP media de 669.70 mm.

Cuadro 44. Evapotranspiración por isopletras.

No.	Isopletras	Área (km²)	ETP media (mm)	Área * Pp (mm/km²)	ETP media de la microcuenca (mm)
1	638 - 645	2.62	641.5	1,680.73	669.70
2	645 - 660	8.99	652.5	5,865.98	
3	660 - 675	8.07	667.5	5,386.73	
4	675 - 690	7.36	682.5	5,023.20	
5	690 - 712	4.86	701.0	3,406.86	
	Sumatoria	31.90		21,363.49	

Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

La evapotranspiración media anual de la microcuenca es de 669.70 mm, siendo esta relativamente baja. La menor evapotranspiración se presentó en la parte baja, siendo esta de 638 mm y en la parte alta de 701 mm. En la figura 47 se indica la distribución de isopletras.



Fuente: Elaborado en base a INSIVUMEH (2017).

Figura 47. Mapa de isoplethas de la microcuenca.

E. Caudales medios mensuales

Se aforaron 3 puntos dentro de la microcuenca, siendo estos el río Chiplátanos, río Chinimayá y la unión de ambos ríos que da origen al río Xaltayá. Se realizaron aforos durante 12 meses (octubre 2017 a septiembre 2018), calculados por el método sección velocidad (flotador). En el cuadro 45 se anotan los caudales.

Cuadro 45. Aforos de los ríos Chinimayá, Chiplátanos e inicio del río Xaltayá.

Año	Mes	Chinimayá		Chiplatanos		Xaltayá	
		m ³ /s	L/s	m ³ /s	L/s	m ³ /s	L/s
2,017	octubre	0.44	440	0.11	110	0.5	500
	noviembre	0.36	360	0.091	91	0.44	440
	diciembre	0.4	400	0.083	83	0.47	470
2,018	enero	0.32	320	0.085	85	0.38	380
	febrero	0.39	390	0.09	90	0.465	465
	marzo	0.33	330	0.08	80	0.4	400
	abril	0.34	340	0.089	89	0.39	390
	mayo	0.44	440	0.11	110	0.54	540
	junio	0.46	460	0.1	100	0.55	550
	julio	0.39	390	0.095	95	0.48	480
	agosto	0.42	420	0.1	100	0.49	490
	septiembre	0.4	400	0.12	120	0.51	510
Promedio		0.39	390.83	0.10	96.08	0.47	467.92
Caudal unitario L/s /Km²		14.66					
Escorrentía (mm)		386.25		94.96		462.43	

Fuente: Elaborado en base a los aforos realizados en los ríos Chinimayá, Chiplatanos y Xaltayá, 2017.

El punto de salida de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá tiene un caudal promedio de 0.47 m³/s, siendo equivalente a una lámina de 462.43 mm anuales de escorrentía y el caudal unitario en la microcuenca es de 14.66 L/s/km². La medición de los caudales se realizó mensualmente, por lo que la exactitud de los datos podría variar dependiendo la época donde se realizó el aforo.

En la figura 48, se muestra el comportamiento de los caudales en los 3 puntos de aforos.



Fuente: Elaborado en base a los aforos realizados en los ríos Chinimayá, Chiplatanos y Xaltayá, 2017.

Figura 48. Caudales medios mensuales a la salida de la microcuenca.

Los caudales del río Chinimayá y del inicio del río Xaltayá, se ve influenciado por las descargas de aguas residuales de los municipios de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, ya que el río Chinimayá es el cuerpo receptor de dichas descargas. El caudal del río Chiplátanos tiene un comportamiento prácticamente uniforme, en los meses de mayo a septiembre se marca un pequeño incremento por la influencia de las lluvias y un descenso en los meses de diciembre a abril por la época de estiaje.

No se realizó hidrográma por no existir un comportamiento normal donde se pueda determinar el caudal de escorrentía y el caudal base, en la figura 48, se entiende que no existe almacenamiento por no coincidir los picos entre las mayores precipitaciones y los niveles de caudales. En la microcuenca se presenta mayor escorrentía directa, indicando que al presentarse un evento de precipitación, el caudal aumenta y baja rápidamente, presentando problemas de almacenamiento. La escorrentía directa no se marca en los aforos realizados, ya que no se midió el caudal al momento de eventos de precipitación.

Según Lugo (2014) los factores que influyen en el almacenamiento es la pendiente y micro relieve, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal y el uso del suelo.

En la microcuenca factores que probablemente afectaron el almacenamiento es el tipo de suelo, ya que donde se ubica el cauce del río son zonas escarpadas con gran cantidad de rocas, además de la pendiente media del cauce principal de 4.23 % y los niveles del caudal del río Chinimayá están relacionados con las descargas provenientes de San Bartolomé Milpas Altas y no por la precipitación. El balance hídrico debe de indicar un déficit en el almacenamiento en la microcuenca, (figura 49).



Figura 49. Cauce del río Chinimayá donde se aprecia rocas y suelo compactado.

a. Curva de caudales característicos

Es la gráfica de frecuencias acumuladas en forma descendente, que expresa en porcentaje de tiempo en el cual un valor dado de caudal es igualado o excedido para un valor dado de tiempo. Esta grafica permite información respecto al aporte de la microcuenca en uno o varios años hidrológicos, (cuadro 46 y figuras 50, 51 y 52).

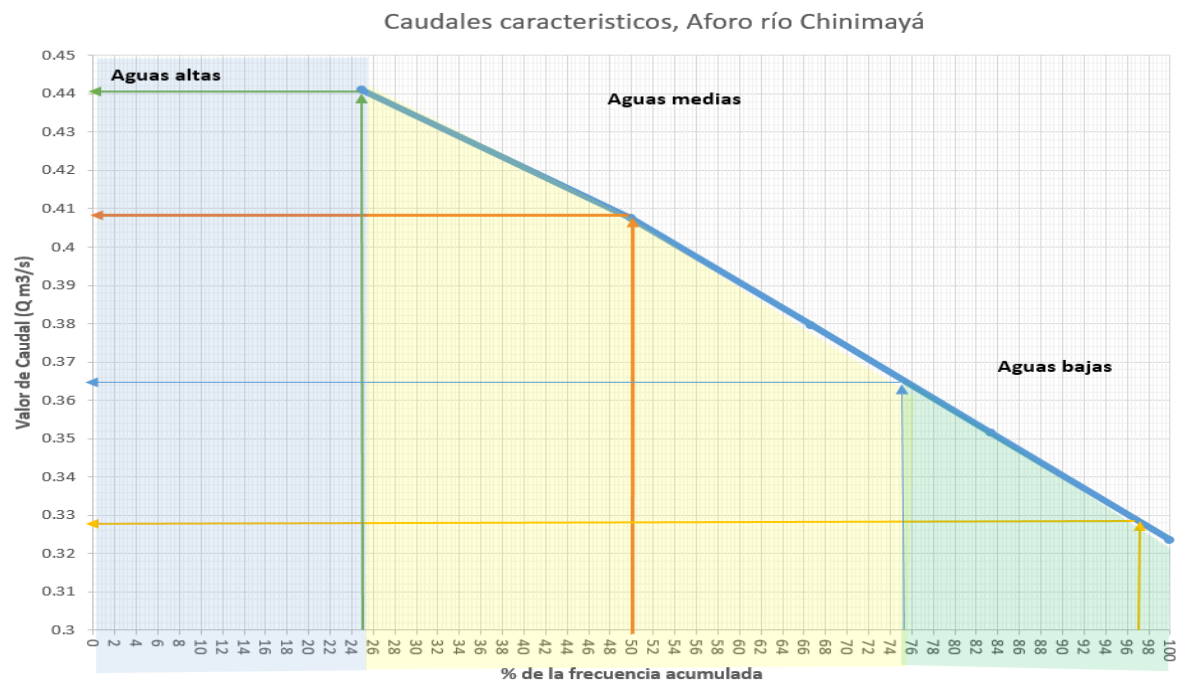
- ✓ Caudal máximo: caudal igualado o excedido 10 días del año (2.74 % – 3 %)
- ✓ Caudal medio: caudal igualado o excedido 180 días del año (50 %)
- ✓ Caudal de estiaje: caudal igualado o excedido a 355 días del año (97.3 %)
- ✓ Aguas altas: caudales comprendidos entre 0 y 90 días (0 – 24.66 %)
- ✓ Aguas medias: caudales comprendidos entre 90 y 270 días (24.66 – 73.8 %)
- ✓ Aguas bajas: caudales comprendidos entre 270 y 365 días (73.8- 100 %)

Cuadro 46. Caudales característicos.

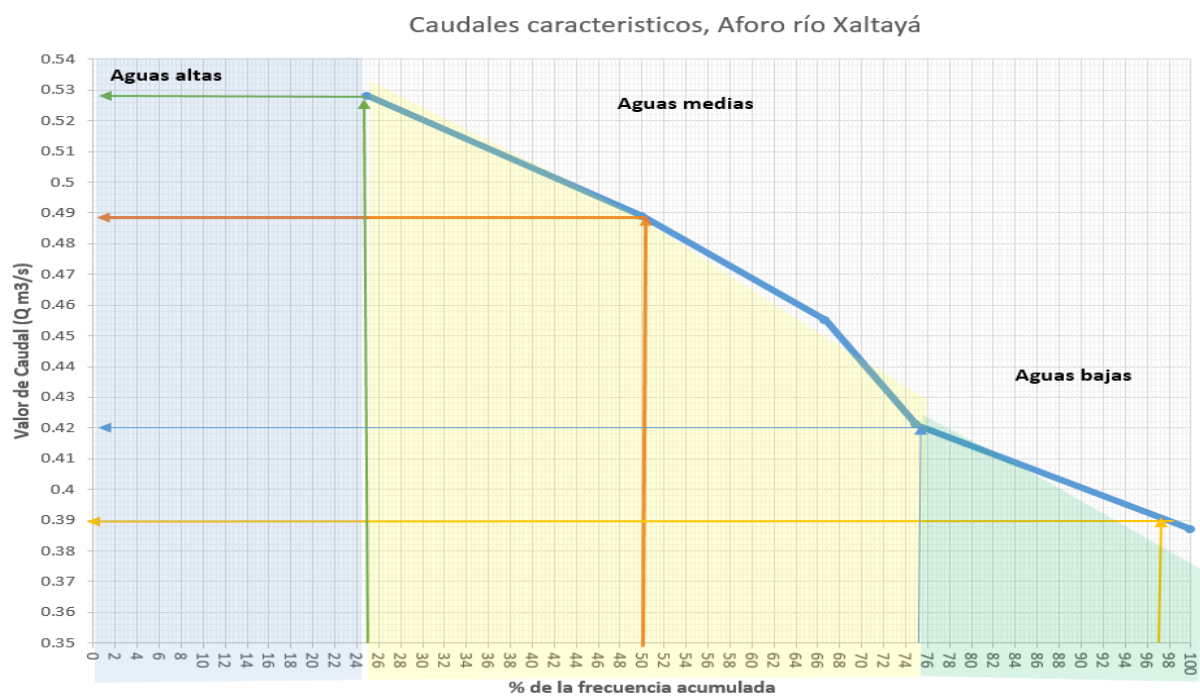
Caudales	% de la frecuencia acumulada	Río Chinimayá (m ³ /s)	Río Chiplatanos (m ³ /s)	Río Xaltayá (m ³ /s)
Caudal máximo	25	0.441	0.111	0.528
Caudal medio	50	0.4075	0.098	0.489
Caudal de estiaje	97.3	0.328	0.076	0.39
Aguas altas	0 - 24.66	Ver gráfica	Ver gráfica	Ver gráfica
Aguas medias	24.66 - 73.80	Ver gráfica	Ver gráfica	Ver gráfica
Aguas bajas	73.66 - 100	Ver gráfica	Ver gráfica	Ver gráfica
3 meses	25	0.441	0.111	0.528
9 meses	75	0.336	0.09	0.421

Fuente: Elaborado en base a los aforos realizados en los ríos Chinimayá, Chiplatanos y Xaltayá, 2017.

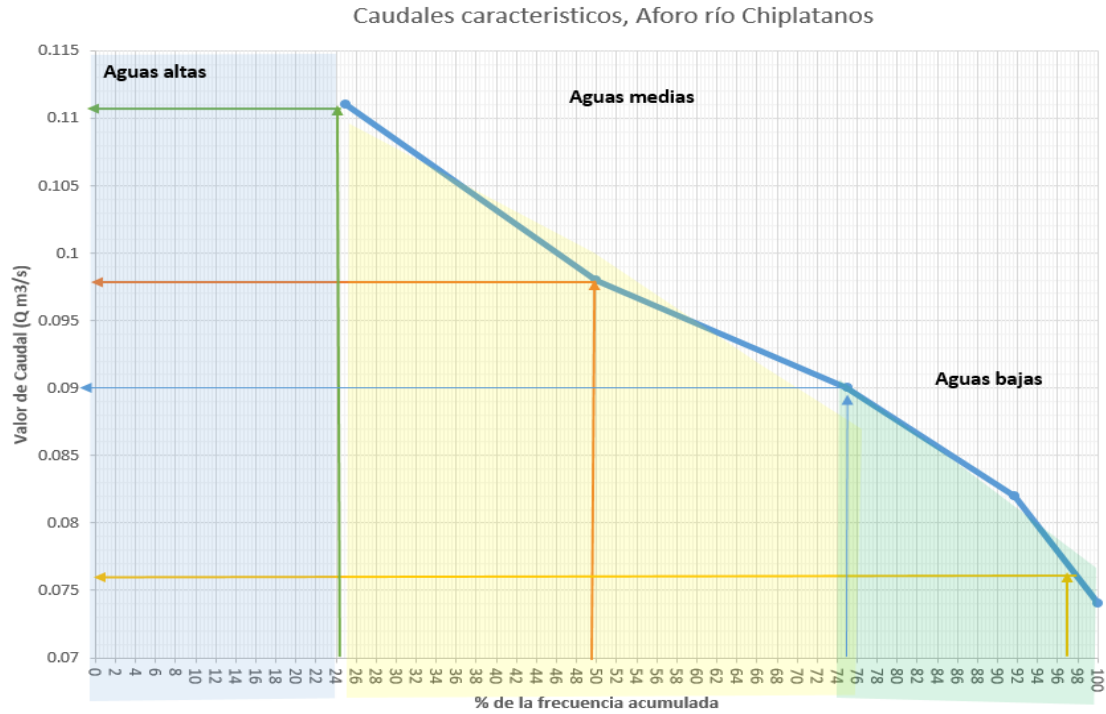
La curva de los caudales característicos para los ríos Chiplátanos, Chinimayá y Xaltayá tiene un abastecimiento fijo en la salida de la microcuenca de 0.39 m³/s durante el 100 % del tiempo. Durante el 25 % del tiempo en la desembocadura de la microcuenca se dispone de 0.528 m³/s. El caudal promedio registrado al 50 % del tiempo en la salida de la microcuenca fue de 0.489 m³/s por lo que se estima que la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá tuvo abastecimiento de agua durante todo el año 2017 – 2018.



Fuente: Elaborado en base a los aforos realizados en los ríos Chinimayá, Chiplatanos y Xaltayá, 2017.
Figura 50. Curva de caudales característicos, río Chinimayá.



Fuente: Elaborado en base a los aforos realizados en los ríos Chinimayá, Chiplatanos y Xaltayá, 2017.
Figura 51. Curva de caudales característicos, río Xaltayá.



Fuente: Elaborado en base a los aforos realizados en los ríos Chinimayá, Chiplatanos y Xaltayá, 2017.

Figura 52. Curva de caudales característicos, río Chiplátanos.

F. Balance hidrológico superficial de la microcuenca

Para realizar el balance hidrológico superficial de la microcuenca (cuadro 47), se utilizaron datos de precipitación (entradas), evapotranspiración y escorrentía (salidas), el dato de escorrentía se obtuvo de los aforos realizados. La ecuación utilizada para el balance hidrológico fue:

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

Cuadro 47. Resumen del balance hidrológico superficial de la microcuenca.

Entradas (+)		Salidas (-)		Déficit
Precipitación	1,095 mm	Escorrentía	462.43 mm	
		ETP	669.70 mm	-37.13 mm

En la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, no existe almacenamiento o recarga hídrica, ya que existe un déficit de 37.13 mm anuales, concuerda con el análisis de la figura 48 de caudales medios mensuales, en donde se interpreta que no existe almacenamiento en la microcuenca.

6.4 Análisis del FODA

La formulación de la matriz FODA es producto de las diferentes actividades de campo realizadas dentro de la microcuenca, (cuadro 48).

Cuadro 48. Matriz FODA para la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.

<i>Fortaleza</i> • Existen organizaciones comunitarias dentro de la microcuenca. • La municipalidad está mejorando y/o construyendo infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales. • Se cuenta con recursos naturales. • Dentro de la microcuenca existen nacimientos de agua. • Alta productividad agrícola. • Los pobladores cuentan con el sistema de agua entubada. • En relación al recurso hídrico, existe un caudal que fluye en el río Chiplátanos todo el año. • Inician procesos de sensibilización para el manejo de los desechos y residuos sólidos.	<i>Oportunidad</i> • Alternativas de exportación de hortalizas. • Si se aplican técnicas de manejo integrado del recurso hídrico, se podrá proteger, conservar y aprovechar este por generaciones. • Existen instituciones de apoyo para promover el medio ambiente (MARN, Municipalidad). • Se cuenta con apoyo de la municipalidad para gestionar proyectos de infraestructura. • Promover el turismo dentro de la microcuenca.
<i>Debilidad</i> • Falta de interés por parte de los pobladores para proteger los recursos naturales. • Poca comunicación entre comunidades. • No existe un plan de manejo de los recursos naturales en la microcuenca. • Persiste el mal manejo y uso de los recursos naturales en la mayor parte de la microcuenca. • Contaminación del recurso hídrico dentro de la microcuenca. • Pérdida de la calidad del río Chiplátanos por unirse con el río Chinimayá. • No existen prácticas de conservación de conservación de suelos. • Pérdida de biodiversidad. • Cambio constante del uso del suelo. • Poco interés por el manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos. • No existen datos históricos de la microcuenca. • No existe un ordenamiento territorial.	<i>Amenazas</i> • Contaminación de las fuentes de agua. • Establecimientos de botaderos de desechos y residuos sólidos no autorizados por la municipalidad. • Avance de la frontera urbana. • Avance de la frontera agrícola. • Pérdida de cobertura forestal. • Aumento del crecimiento poblacional. • Aumento del costo al acceso al agua (uso doméstico y uso agrícola)

En el análisis FODA, se identificaron problemáticas que se consideran como amenazas o debilidades para el desarrollo, protección y conservación del recurso hídrico, así como fortalezas y oportunidades que se tienen para el manejo adecuado de dicho recurso.

Una de la problemáticas identificadas en la microcuenca es el incremento de la frontera agrícola, donde se disminuye áreas de vocación forestal y al aumentar la frontera urbana, se está disminuyendo el área agrícola, por tal razón la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá está en riesgo de formar parte de las microcuencas urbanas. Al ser una microcuenca con características urbanas el recurso hídrico tiende a estar con niveles de contaminación altos y al no contar con un tren de aseo, propicia la generan basureros clandestinos en zonas no habitadas.

La densidad poblacional que prevalece en la microcuenca es de 37,054 habitantes por lo que al generar conciencia ambiental en toda la población (niños, adolescentes y adultos), se podrán ejecutar el plan de manejo propuesto para la microcuenca.

6.4.1 Problemáticas identificadas

De acuerdo con los resultados obtenidos de la investigación por medio de las diferentes técnicas empleadas, se determinó que los principales problemas en relación al uso y manejo del recurso hídrico son:

- A.** Pérdida de la calidad del agua del río Chiplátanos, ya que estas aguas, según análisis realizados, cuentan con calidades aptas para consumo humano y al unirse con el río Chinimayá (contiene aguas residuales generadas por los pobladores de los municipios de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas), esta calidad se pierde. El río Chiplátanos cuenta con caudal tanto en época lluviosa como de estiaje, según aforos realizados.
- B.** Aumentó de la contaminación de los cauces de los ríos Chiplátanos y Chinimayá por desechos sólidos, provenientes de los botaderos de basura no autorizados por la municipalidad. Se estima un volumen de desechos sólidos generados por la

municipalidad de Santiago Sacatepéquez (como referencia) de 393.25 m³ que equivalen a 8.83 T/día, lo que genera una producción anual de 143,534.58 m³ o 3,223.59 T, (López Recinos, 2010).

- C. Riesgo por pérdida de calidad y cantidad del recurso hídrico a causa de la deforestación que se observa en la microcuenca, a causa del aumento de la frontera urbana y agrícola, esto por el acelerado crecimiento poblacional.

6.5 Lineamientos del plan de manejo de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá

6.5.1 Propuesta de programas y proyectos

La propuesta de manejo inicio con la identificación de las problemáticas. Para indicar rutas de solución de los problemas planteados, se proponen programas y proyectos que incluyan diferentes estrategias para conservar y proteger el recurso hídrico de la microcuenca, con miras al desarrollo de las actividades productivas, basadas en el uso de la tierra, fomentando el rendimiento sostenible, con el afán que puedan servir para el accionar de las autoridades, tanto de gobierno como municipales y organizaciones no gubernamentales presentes en la microcuenca y se promueve el desarrollo de la población.

Las propuestas estuvieron basadas en el artículo 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala y el artículo 1 de la Ley de Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente (Decreto No. 68-86) *“El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente”*. Los diferentes planes de manejo se mencionan a continuación:

A. Propuesta de sensibilización para la conservación y aprovechamiento racional del recurso hídrico

Para poder realizar programas en relación a la conservación y aprovechamiento del recurso hídrico, primero se debe sensibilizar a la población sobre la importancia de este tema. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales ha firmado cartas de entendimiento con diferentes municipalidades para el fortalecimiento de la educación ambiental en el país, por lo que la municipalidad de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas, se debe unir a esta iniciativa. Actualmente existe una Política Nacional de Educación Ambiental de Guatemala, Acuerdo Gubernativo No. 189-2017.

a. Estrategia

- Incluir cátedras de educación ambiental en los centros educativos en los niveles de pre-primaria, primaria, básicos, diversificado y universitario, en cumplimiento al Acuerdo Gubernativo No. 189-2017, en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Ministerio de Educación.
- El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y las municipalidades deben realizar actividades de capacitación a organizaciones no gubernamentales, personal municipal, maestros, líderes comunitarios, sector privado, personal del sector público y sociedad civil, con temas de la importancia de la conservación, protección y aprovechamiento del recurso hídrico y el manejo de los desechos y residuos sólidos.
- Por parte de la municipalidad, Ministerio de Educación y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; realizar afiches, carteles, mantas u otro medio donde se pueda sensibilizar a la población en relación a la protección del recurso hídrico, manejo de los desechos y residuos sólidos y medio ambiente.
- Realizar ferias ambientales, con el afán de promover la conservación y protección del medio ambiente, dentro de la microcuenca.

b. Resultado esperados

Crear conciencia ambiental en la sociedad civil, sector privado y sector público que se encuentran dentro de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.

B. Propuesta de conservación y aprovechamiento racional de las fuentes de agua para consumo humano y riego

Actualmente dentro de la microcuenca el 93 % de las viviendas se encuentran abastecida con agua clorada proveniente de los nacimientos y de los pozos mecánicos, además existen 5 directivas que brindan el servicio de agua entubada para utilizarlo en sistemas de riego por goteo. Ambos sistemas tienen un costo mensual de Q. 12.00 a Q. 90.00 para agua domiciliar y de Q. 150.00 a Q. 400.00 para el sistema de riego por goteo, donde este costo tendera a aumentar, con forme aumente la demanda; por lo que al reducir el uso del agua, la tarifa se mantiene o reduce.

a. Estrategia

- El agua domiciliar es exclusivamente para uso doméstico; el comité pro-mejoramiento de la aldea Santa María Cauqué y el casco urbano de San Bartolomé Milpas Altas optaron por colocar medidores en las viviendas, en donde el comité opto por asignarle el valor al m³ de agua consumido, y el pago será en función de la cantidad consumida y la municipalidad de San Bartolomé Milpas Altas tiene una cuota fija siempre y cuando no se pase de los 30,000 L mensuales, arriba de este tiene un costo adicional; por lo que se propone que el casco urbano de Santiago Sacatepéquez opte por este sistema. Esto obliga a los pobladores a utilizar el agua de manera racional. La implementación de medidores en las vivienda, realizando un uso racional del agua, los beneficiados son: los usuarios porque mantienen una cuota fija, la municipalidad porque tiene control de la cantidad de agua que se está consumiendo (demanda – oferta), recurso hídrico porque se utiliza de manera eficiente.

- Existen 5 cooperativas privadas que prestan el servicio de agua para el sistema de riego por goteo el cual no cubre el 100 % del área agrícola dentro de la microcuenca, esto se debe al costo de Q. 400.00 del servicio. Las cooperativas prestan el servicio de agua para riego, pero dicho servicio debería ser prestado por la municipalidad para que todos los pobladores puedan ser beneficiados con dicho servicio. En la microcuenca existe una serie de nacimientos los cuales no se aprovechan, ya que se mezclan con el río de aguas negras (río Chinimayá) y se encuentra el afluente del río Chiplátanos, el cual es utilizado para bebedero de bestias y producción de berro. Al captar el afluente del río Chiplátanos (ya que cuenta con la calidad para consumo humano o agricultura y mantiene el caudal todo el año) antes de la unión con el río Chinimayá, este se conduciría a una infraestructura la cual distribuirá el agua hacia las parcelas donde se utilizará en sistemas de riego por goteo, este servicio tendrá un costo de mantenimiento.
- Los productores de hortalizas optimizan el uso de agua, ya que implementaron el sistema de riego por goteo al aire libre; al implementar la agricultura protegida, se estaría reduciendo la evapotranspiración y optimizando mejor el uso del agua.
- Desarrollar un plan de gestión del recurso hídrico en la microcuenca.

b. Resultado esperado

Aprovechar racionalmente el uso del agua, sin reducir la producción agrícola o dejar de realizar actividades domésticas.

C. Propuesta de reducción de contaminación del recurso hídrico a causa de los botaderos de basura no autorizados

Dentro de la microcuenca se identificaron 29 botaderos de basura no autorizados, la mayoría ubicados en los alrededores de la microcuenca (barrancos, ribera de ríos, etc.), esto se debe a una falta concientización por parte de la municipalidad a los pobladores y un eficaz tren de aseo, ya que la municipalidad inicio con la implementación de este servicio en el año de 2017.

a. Estrategia

- Realizar una serie de capacitaciones en coordinación con la municipalidad y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, dando a conocer la importancia de no implementar botaderos de basura no autorizados por las consecuencias que conlleva esta acción. Estas capacitaciones estarán dirigidas a los centros educativos en los niveles de pre-primaria, primaria, básicos, diversificado, universitario y sociedad civil.
- Las charlas que se impartirán a la sociedad civil, se debe dar a conocer la importancia del establecimiento de una cuota de extracción de basura, por los costos de mantenimiento, recolección, transporte de los desechos y residuos sólidos captados.
- La municipalidad debe de establecer una alternativa para todas aquellas personas de escasos recursos que no pueden cancelar la cuota de extracción y para los comerciantes que se encuentren en los mercados, calles, avenidas; ubicando contenedores en puntos estratégicos como mercados, cantones, aldeas, etc., donde las personas puedan depositar la basura libremente, esto para evitar el aumento del número de botaderos no autorizados y reduciendo significativamente la contaminación de los afluentes con desechos sólidos.
- Establecer un proyecto de relleno sanitario y la implementación de una planta recicladora en el área donde se encuentra el basurero cerrado, que se ubica en la aldea de Santa María Cauqué, esto con la finalidad de reducir la contaminación por desechos sólidos en los alrededores de la microcuenca.
- La municipalidad de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas deben de cumplir con el código municipal decreto No. 12-2002, artículo 68 “Competencias propias del municipio” en la recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limpieza y ornato.

- La municipalidad debe sancionar económicamente a los pobladores que incurren a tirar basura en lugares no autorizados dentro de la microcuenca.

b. Resultados esperados

Reducir el establecimiento de botaderos de basura no autorizados y evitar el arrastre de desechos sólidos aguas abajo.

D. Propuesta de disminución de la contaminación de los causes de los ríos Chiplátanos y Chinimayá por vertimiento de aguas residuales

Las autoridades municipales y empresas generadoras de aguas residuales que se ubiquen dentro de la microcuenca, deben establecer infraestructuras para el tratamiento de las aguas residuales, esto en cumplimiento al Acuerdo Gubernativo 236-2006 “*Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos*”. Hasta el año 2018 la municipalidad de Santiago Sacatepéquez, aún tiene puntos de descarga de aguas residuales sin tratamiento.

a. Estrategia

- Las autoridades de la municipalidad de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas deben realizar un inventario de entes generadores de aguas residuales y remitírselo al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para realizarles la inspección y toma de muestra de aguas residuales correspondiente.
- Las municipalidades de Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas deben de cumplir con el Acuerdo Gubernativo 236-2006 “*Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos*”, con el fin de reducir significativamente la contaminación de las fuentes de aguas tanto superficiales como subterráneas, dentro y fuera de la microcuenca.

- Proponer proyectos de reuso de las aguas residuales previamente tratadas, para uso agrícola, con el fin de optimizar el uso del recurso hídrico y reducir el vertimiento de estas a los cuerpos de agua.
- Proteger los mantos acuíferos y desarrollar planes para la recuperación del río Chinimayá, además desarrollar proyectos de infraestructura de plantas de tratamiento en los 14 puntos de descarga identificados en la microcuenca.

b. Resultado esperado

Reducción significativamente la contaminación del recurso hídrico por el vertimiento de aguas residual sin tratamiento.

E. Propuesta de aumento de la cobertura forestal e implementación de un parque municipal en la ribera del río Chiplátanos

Para el año 2018 en la microcuenca existe el 30 % del área con cobertura forestal, esto a causa del aumento de la frontera agrícola y urbana. Además el 1.41 % del área está en el área protegida denominada *Cordillera Alux*, categoría, Reserva Protectora de Manantiales del Cerro Alux.

a. Estrategia

- Se propone el establecimiento de un parque municipal para la protección del manantial Chiplátanos, con el objetivo de conservarlo, esto bajo los lineamientos del código municipal para su conformación.
- Establecimiento de proyectos de viveros forestales con especies del lugar, esta para realizar jornadas de reforestación dentro de la microcuenca, convocados por la municipalidad y en cooperación con centros educativos y sociedad civil. Esto con la finalidad de mantener la biodiversidad, mejorar la infiltración del agua de lluvia y reducir la erosión hídrica.

b. Resultado esperado

Mejorar la cobertura forestal dentro de la microcuenca y mantener la calidad del recurso hídrico, además de proteger el manantial que da origen al río Chiplátanos.

F. Propuesta de elaboración de un plan de ordenamiento territorial dentro de la microcuenca

Se tiene un estimado de 37,054 habitantes dentro de la microcuenca, los cuales demandan áreas para vivienda, producción agrícola y recreación, por lo que es de suma importancia tener conocimiento de la distribución idónea para evitar establecimientos de vivienda en zonas de alto riesgo o establecimiento de cultivos en zonas forestales.

a. Estrategia

- Desarrollar un plan de ordenamiento territorial dentro de la microcuenca, en donde se establecerá un cuerpo normativo básico de planificación y regulación urbana la cual estará normas técnicas, legales y administrativas, que las autoridades municipales establecerán para regular y orientar el desarrollo del territorio.

b. Resultado esperado

Establecimiento de un plan de ordenamiento, en donde se definirán las áreas urbanas, agrícolas y forestales, esto con la finalidad de establecer el uso correcto del suelo.

7 CONCLUSIONES

1. Dentro de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá se estima una población de 37,054 habitantes, el tamaño promedio de las familias es de 5 miembros por vivienda y el 85 % de la población pertenece a la etnia Kakchiquel y 15 % son ladinos. Dentro de la microcuenca se tiene un crecimiento poblacional del 3.1 %, por lo que se considera una población de crecimiento medio y un índice de analfabetismo que asciende a 15.09 %.

La principal actividad económica dentro de la microcuenca que genera trabajo directo es la agricultura de cultivos anuales y a menor escala cultivos permanentes, empleando el 41.16 % de la fuerza laboral, dichos productos son exportados y otros comercializados en mercados locales, Centro de Mayoreo (CENMA) y Terminal de la Zona 4 capitalina. Entre las organizaciones que se identificaron dentro de la microcuenca está el COCODE, grupo de mujeres, comité de agua potable, ministriles (seguridad), Bomberos municipales, asociación de agricultores, grupos de limpieza, vecinos organizados en contra de la delincuencia, iglesia Católica y grupos municipales.

2. La microcuenca de la parte alta del río Xaltayá, tiene un área de 31.91 km², la red de drenaje está constituida por 3 corrientes permanentes, 5 intermitentes y 11 efímeras, clasificándose como una microcuenca de orden 3, según sus características de longitud, el coeficiente de robustez de 60 y un coeficiente de relieve de 1.18×10^{-4} (muy bajo) la microcuenca presenta relieve pronunciado muy susceptibles a la erosión hídrica, así como una poca densidad de drenaje (0.64km/km²).

La pendiente del cauce principal es de 4.23 %, donde se considera que tiene un flujo aceptable. En relación a los aforos realizados, el río Chiplátanos presento un caudal promedio de 0.10 m³/s, el río Chinimayá 0.39 m³/s y la unión de ambos ríos (río Xaltayá) 0.47 m³/s. Los caudales máximos se reportan para los meses de mayo a junio siendo los meses de mayor precipitación pluvial y reportándose para el mes de abril el caudal mínimo del año hidrológico. La microcuenca cuenta con una escorrentía de 462.43 mm y un déficit de 37.13 mm anuales.

3. Se establecieron lineamientos de manejo para lo que es el recurso hídrico en la microcuenca. Los principales lineamientos fueron: Sensibilización para la conservación y aprovechamiento racional del recurso hídrico, Conservación y aprovechamiento racional de las fuentes de agua para consumo humano y riego, Reducción de contaminación del recurso hídrico a causa de los botaderos de basura no autorizados, Disminución de la contaminación de los causes de los ríos Chiplátanos y Chinimayá por vertimiento de aguas residuales, Aumento de la cobertura forestal y protección de las fuentes de agua y conservación de suelo en la microcuenca y elaboración de un plan de ordenamiento territorial dentro de la microcuenca.

8 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios más detallados relacionados a zonas de recarga hídricas, inventario de manantiales, estudios hidrogeológicos de los nacimientos y cuerpos de agua para analizar el potencial que tienen las fuentes de agua con el recurso hídrico, dentro de la microcuenca de la parte alta del río Xaltayá.
2. Para que el dato de recarga hídrica sea más exacto, se recomienda realizar aforos semanales, al mismo tiempo elaborar un plan de acción para la protección y conservación de manantiales.
3. Como parte del estudio se recomienda realizar estudios específicos con mayor detalle sobre la flora y fauna, con el fin de conocer la biodiversidad que existe en la microcuenca.
4. Se recomienda promover en la microcuenca las prácticas de conservación de suelos, así como la implementación de cultivos protegidos, con el fin de optimizar recursos y reducir los costos.
5. Implementar programas de capacitación y campañas de concientización, en el tema del manejo del recurso hídrico en general y la relación que puede tener el agua con otros recursos naturales.
6. Es de suma importancia realizar campañas de concientización del manejo de los desechos sólidos dentro de la microcuenca, ya que la acumulación de basura en diferentes puntos (botaderos de basura no autorizados), dan origen a puntos focales de enfermedades.
7. Realizar un plan de acción en relación a los lineamientos de manejo descritos.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Axpuac Hernández, C. E. (2009). *Conservación de los recursos naturales del municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala.
- Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2004). *Norma 29 001:99 Características que definen la calidad del agua potable*. Guatemala: COGUANOR.
- Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (2001). *Norma 29001: Calidad del agua para consumo humano*. Guatemala: COGUANOR.
- Consejo Municipal de Desarrollo, Santiago Sacatepéquez, Guatemala; Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2010). *Plan de desarrollo Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez*. Guatemala: SEGEPLAN.
- Fajardo Herrera, N. F. (2011). *Caracterización del recurso hídrico superficial y lineamientos de manejo de las microcuencas de los ríos Pansalich y Pancochá, Mixco. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala.
- FAO, Italia. (2008). *La microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/climatechange/30329-07fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>
- Fión Morales, A. (1993). *Caracterización, diagnóstico y propuesta de plan de manejo de la cuenca del río Las Escobas, Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala. Obtenido de Centro de Documentación e Información Agrícola FAUSAC: <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01399.pdf>
- García Olivera, I. (2011). *Caracterización y diagnóstico de la microcuenca río "Sucio"*. Nicaragua: Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS).
- Herrera Ibáñez, I. R. (1995). *Manual de hidrología*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Instituto Geográfico "Agusto Codazzi", Colombia (IGAC). (2010). *Caracterización de suelos*. Obtenido de IGAC: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20suelos%202%20-%20boavita%20\(19%20pag%20-%20200kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20-%20suelos%202%20-%20boavita%20(19%20pag%20-%20200kb).pdf)

Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN). (2010). *Mapa topográfico de la república de Guatemala, Hoja CARTO50K_24. Esc. 1:50,000*. Guatemala: IGN.

Instituto Nacional de Estadística, Guatemala (INE). (2002). *XI censo nacional de población y VI de habitación*. Obtenido de INE: <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/20/jZqeGe1H9WdUDngYXkWt3GIhUUQCukcg.pdf>

Instituto Nacional de Estadística, Guatemala (INE). (2018). *XII Censo Nacional de Población y VII de Habitación*. Obtenido de INE: <https://www.censopoblacion.gt/mapas>

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala (INSIVUMEH). (2010). *Glosario hidrológico*. Obtenido de INSIVUMEH: http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios_de_guatemala.htm#GLOSARIO%20HIDROL

_____. (2017). *Registros de datos climaticos mensuales de temperatura y precipitación pluvial de las estaciones meteorológicas INSIVUMEH y Suiza Contenta, período: octubre 2017 a septiembre de 2018*. Guatemala: INSIVUMEH.

López Recinos, S. A. (2010). *Gestión de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez. (Tesis Ing. Civil)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2002). *Atlas temático de la república de Guatemala*. Guatemala: MAGA.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2004). *Atlas temático de las cuencas hidrográficas de la república de Guatemala*. Guatemala, Guatemala: MAGA.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2013). *Estudio semidetallado de los suelos del departamento de Sacatepéquez*. Guatemala: MAGA.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN). (2009). *Informe ambiental del estado de Guatemala GEO 2009*. Obtenido de MARN / URL: http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/infor_amb/2009.pdf

Municipalidad Santiago Sacatepéquez, Guatemala. (2017). *Informe técnico de aguas residuales*. Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala: Municipalidad de Santiago Sacatepéquez.

- Pacheco, J. F. (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. Obtenido de Naciones Unidas / CEPAL: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf
- Palacios Ruiz, E. J. (2016). *Gestión integrada de cuencas hidrográficas*. Obtenido de Managua, Nicaragua: Programa Universitario para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica (PRIDCA); Concejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA): <http://pridca.csuca.org/images/Noticias/A3/Cartilla/Gestion/Integral/de/Cuencas-Hidrograficas.pdf>
- Peluso, F. (2016). *El estudio de la calidad del agua superficial*. Obtenido de Argentina, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires: <https://www.unicen.edu.ar/content/el-estudio-de-la-calidad-del-agua-superficial>
- PNUD, Guatemala. (2011). *Cifras para el desarrollo humano: Sacatepéquez*. Obtenido de PNUD: <http://www.desarrollohumano.org.gt/fasciculos/pdfs/d3.pdf>
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2007). *Política nacional de gestión integrada de los recursos hídricos*. Guatemala: SEGEPLAN / BID. Obtenido de Política Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos -PNGIRH- y de la Estrategia Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos -ENGIRH- (en línea). Consultado 29 de Oct 2017: http://www.segeplan.gob.gt/downloads/clearinghouse/politicas_publicas/Recursos%20Naturales/Pol%C3%ADtica%20Gesti%C3%B3n%20Integrada%20Recursos%.pdf
- Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala (FAUSAC). (2008). *Clasificación de tierras por capacidad de uso: Metodología del USDA*. Guatemala: FAUSAC, Sub Área Manejo de Suelo y Agua.
- Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA). (2009). *Perfil ambiental de Guatemala (2008-2009)*. Guatemala: IARNA.
- World Visión. (2004). *Manual de manejo de cuencas*. Obtenido de Canadá: World Visión: <https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>

10 ANEXO

10.1 Encuesta Socioeconómica

ENCUESTA SOCIOECONOMICA						No.
Fecha:		Cacerio:		Municipio: Santiago Sacatepeque		
Genero:	M	F	Edad:	0-13	14-30	31-60
				60 y mas		
Información Sobre Vivienda						
Uso:	Solo Vivienda		Vivienda y Otras Actividades		Otras	
Tenencia :	Propia	Alquila	Niveles:	1 piso	2 pisos	3 pisos o mas
Material de paredes:	Adobe	Madera	Block	Otros: _____		
Material del Techo:	Terraza	Lamina	Palma	Otros: _____		
Material del Piso:	Torta	Suelo	Ceramico	Otros: _____		
Servicios	Agua Potable: Si	No	Energia Electrica: Si	No	Drenajes: Si	No
Otros Servicios	Posee Celular: Si	No	Posee Cable: Si	No	Internet: si	no
Número de Habitantes por Vivienda:	1 - 5		6 - mas		Nivel Econo: B M A	
Información Sobre Educación						
Sabe leer	si	no	Sabe Escribir:	si	no	Niños asisten a escuela: si no
Nivel Academico del encuestado	Sin Estudios	Primaria	Básicos	Diversifica	Universitario	
Escuelas cerca:	Si	No	Estado estruc	M R B	Lugar del establec:	
Información Sobre Salud						
Centro o puesto de Salud cerca	Si	No	Acude Al Centro de Salud:	Si	no	
Información Sobre Saneamiento						
Que hace con la Basura:	La quema	Recolector	Municipalidad	Barrancos	Otros	
Que hace con las aguas negras:	Drenajes	Infiltra	Riód	calle	otros	
Sanitario:	Lavable	Pozo ciego	campo	Tiene Pozo:	si	no
Aspecto Social						
Religion:	Evalgelica	Catolica	Otras	Idioma:		
Organización Social						
Que Organización Existe:	COCODE	De Mujeres	De Productores	Otros:		
Apoya a la comunidad:	si	no	Participacion de la Mujer:	si	no	
Aspectos Economicos						
Actividad Economica que realiza	Asalariado	Productor	Comerciante	Pecuario	Otros	
Lugar donde realiza su trabajo:			Transporte:			
si es poductor, que actividad realiza:			Destino produ			
Area de producción			Tenencia de la tierra:			
Epoca de Siembra			Practicas culturales:			

Fuente: Elaboración propia, 2018



1 PRESENTACIÓN

Como parte de las actividades dentro del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía se establece realizar servicios en una institución de gobierno o privada.

Los servicios se realizaron en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, específicamente en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas la cual se encuentra suscrita a la Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos. Para poder definir los servicios realizados, previo se realizó un análisis del Departamento (diagnóstico), para conocer las actividades que realizan. Dentro del análisis se identificó que el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas realiza monitoreos de calidad del agua, verificando el cumplimiento del Acuerdo Gubernamental No. 236-2006 “Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos” y el Acuerdo Gubernativo No. 12-2011 “Reglamento de Descargas de Aguas Residuales en la Cuenca del Lago de Atitlán”, además de capacitaciones en relación al manejo integrado de cuencas y asesoramientos en temas de conformación de comités de microcuencas.

Los servicios desarrollados fueron los siguientes:

1. Desarrollo de actividades que contribuyan al mejoramiento progresivo de la calidad del recurso hídrico aplicando la normativa vigente y la generación de registros de fuentes de agua.
2. Sensibilización con temas de conservación y protección del recurso hídrico y cuencas hidrográficas, dirigido a estudiantes, técnicos vinculados con el recurso hídrico y cuencas, así como apoyo a la plataforma de educadores ambientales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Propuesta de actualización del manual interno de toma de muestras, en donde se indicaron conceptos generales, parámetros de calidad del agua y toma de muestra; se propuso este servicio, ya que el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas desde el año 2008 no ha tenido ninguna actualización de dicho manual.
4. Lineamientos de propuesta de actualización del proceso administrativo de los expedientes de entes generadores y administradores de aguas residuales, que se encuentran en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos

Como parte del mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente se promueve el instrumento normativo que propicia el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas y contribuya a la sostenibilidad del recurso hídrico en Guatemala, por tal motivo el 5 de mayo de 2006 se emite el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 que consta de 75 artículos (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2006).

El objeto del Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. La finalidad de este reglamento es normar las descargas de aguas residuales con la finalidad de: (MARN, 2006)

- Proteger los cuerpos receptores de aguas de los impactos provenientes de la actividad humana.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

Este Reglamento se aplica a:

- Los entes generadores de aguas residuales.
- Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público.
- Las personas que produzcan aguas residuales para reuso.
- Las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales.
- Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le compete la aplicación de dicho Reglamento.

2.1.1 Reformas al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos

Las reformas al Acuerdo Gubernativo se realizan por solicitudes de autoridades municipales, en donde han manifestado que por diversas circunstancias no imputables a su administración, aún se encuentran en proceso en la preparación del estudio técnico de aguas residuales (artículo 5) y del desarrollo de los instrumentos ambientales de los proyectos identificados en los estudios técnicos, establecidos en el artículo 24bis (MARN, 2006)

Cuadro 49. Modificaciones al Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

No. Modificación	Modificación 1	Modificación 2	Modificación 3	Modificación 4	Modificación 5
Acuerdo Gubernativo	129-2015	110-2016	270-2016	138-2017	304-2017
Fecha de publicación	30 de abril de 2015	2 de junio de 2016	15 de diciembre de 2016	28 de junio de 2017	28 de diciembre de 2017

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2006)

La mayoría de las reformas se realizaron con la finalidad de trasladar la fecha de cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles y las etapas del artículo 24 del reglamento, aplicable a las municipalidades y empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales (cuadro 49).

En la reforma No. 138-2017, el artículo 24 se divide en dos, quedando el artículo 24 para las urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público y el 24bis a las municipalidades, en dicha reforma se establecen las fechas de cumplimiento siendo estas: 2 de mayo de 2019 (etapa 1), 2 de mayo de 2023 (etapa 2), 2 de mayo de 2027 (etapa 3) y 2 de mayo de 2031 (etapa 4) (MARN, 2006).

La reforma No. 304-2017 únicamente modificó la fecha de entrega del estudio técnico de aguas residuales de las municipalidades (reforma el artículo 24bis) estableciendo un plazo de seis (6) meses, contados a partir de la vigencia del presente Acuerdo Gubernativo para su disponibilidad (MARN, 2006).

2.2 Acuerdo Ministerial No. 105-2008, Manual General del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos

En el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, en el artículo 73 “Manuales”, se establece que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, queda facultado para la elaboración del manual general que contenga los temas de toma de muestras de aguas residuales, aguas para reuso y lodos, cálculo de cargas, aplicación del modelo de reducción progresiva de cargas y deducción especial de valores en parámetros. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2008).

El 9 de enero de 2008, se aprueba el Acuerdo Ministerial No. 105-2008, el cual debe ser utilizado por los entes generadores de aguas residuales; las personas que descargan sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público; las personas que produzcan aguas residuales para reuso; las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales y las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos (MARN, 2008).

2.3 Acuerdo Ministerial No. 335-2016, Normas para promover la gestión integrada de cuencas a través de la creación y operación del inventario de usuarios del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de la República de Guatemala

El 10 de noviembre de 2016, se crea el Acuerdo Ministerial No. 335-2016, Inventario de Usuarios del Recurso Hídrico, a cargo de la Dirección de Cuencas y Programas Estratégicos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, como un registro interno para el control de los usuarios de las cuencas hidrográficas y consta de 25 artículos. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN), 2016).

El objeto de la normativa es dictar las disposiciones generales que permitan al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, organizar y mantener el inventario de las personas individuales y jurídicas, públicas o privadas, que utilizan el recurso hídrico en las diferentes cuencas de la República de Guatemala (MARN, 2016).

3 SERVICIOS REALIZADO EN EL DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y CUENCAS

3.1 Servicio 1. Desarrollo de actividades que contribuyan al mejoramiento progresivo de la calidad del recurso hídrico aplicando la normativa vigente y la generación de registros de fuentes de agua

3.1.1 Objetivo

Implementar, dirigir y organizar actividades que contribuyan al mejoramiento progresivo de la calidad del agua en el país y generar base de datos de fuentes de agua.

3.1.2 Metodología

Las actividades que se desarrollaron durante el Ejercicio Profesional Supervisado en el área de Calidad con el objeto de propiciar el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas que contribuyan a la sostenibilidad del recurso hídrico en Guatemala.

1. Cumplir el requerimiento de inspección, monitoreo, control y seguimiento de las descargas de los entes generadores de aguas residuales en cumplimiento de la normativa establecidas.
2. Monitoreo de cuerpos hídricos, para establecer líneas bases de calidad.
3. Verificación de la existencia de los estudios técnicos de aguas residuales, cumpliendo con la normativa aplicable.
4. Emitir Opiniones Técnicas de instrumentos ambientales relacionadas con proyectos que incluyan componentes del recurso hídrico o que generen aguas residuales.

A. Proceso del desarrollo de las actividades (metodología)

En el cuadro 50, se estableció el proceso que se realiza para el desarrollar de las diferentes actividades establecidas en donde se marcó con una “x” el proceso administrativo y técnico realizado.

Cuadro 50. Procesos para el desarrollo de las actividades programadas.

Desarrollo de la Actividad		Monitoreo a Entes Generadores de Aguas Residuales	Inspección a Entes Generadores de Aguas Residuales	Evaluaciones de Estudios Técnicos de Aguas Residuales	Monitoreo de cuerpos de agua	Ubicación y Georeferenciación de fuentes de agua	Emitir Opiniones Técnicas de instrumentos ambientales que utilicen como parte de las actividades el recurso hídrico o que generen aguas residuales.
a	Asignación de actividades por parte de jefatura del DRHyC	x	x	x	x	x	x
b	Solicitud de los medios para realizar dicha actividad (viáticos, combustible, vehículo).	x	x	x	x	x	
c	Programación de la actividad	x	x	x	x	x	
d	Ejecución de la actividad	x	x	x	x	x	x
e	Llenar boleta de campo	x	x		x		
f	Recorrido dentro de las Instalaciones	x		x			
g	Llenar formulario de evaluación de estudio técnico de Aguas residuales			x			
h	Toma de Muestra de Aguas Residuales	x			x		
i	Tomar anotaciones en campo	x	x	x	x	x	
j	Toma de fotografías	x	x	x	x	x	
k	Toma de coordenadas geográficas	x	x	x	x	x	
l	Acta de visita	x	x	x			
m	Espera de resultados de laboratorio cuando se realiza toma de muestra (30 días)	x			x		
n	Análisis e interpretación de resultados de laboratorio	x					
o	Revisión por los Asesores Técnicos y Jurídicos	x	x	x	x	x	x
p	Entrega de formulario de evaluación de Estudio Técnico a archivo			x			
q	Presentación de informe de la actividad desarrollada a jefatura y archivo	x	x	x	x	x	x
r	Presentación de informe de la actividad desarrollada a archivo para expediente	x	x	x	x	x	
s	Liquidación de viáticos	x	x	x	x	x	

Fuente: Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas (DRHyC), 2018.

3.1.3 Resultados

A. Monitoreo a entes generadores de aguas residuales

En el cuadro 51, se indican los monitoreos realizados, interpretando los resultados emitidos por el Laboratorio Nacional de Salud, en base al artículo correspondiente, verificando el cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006.

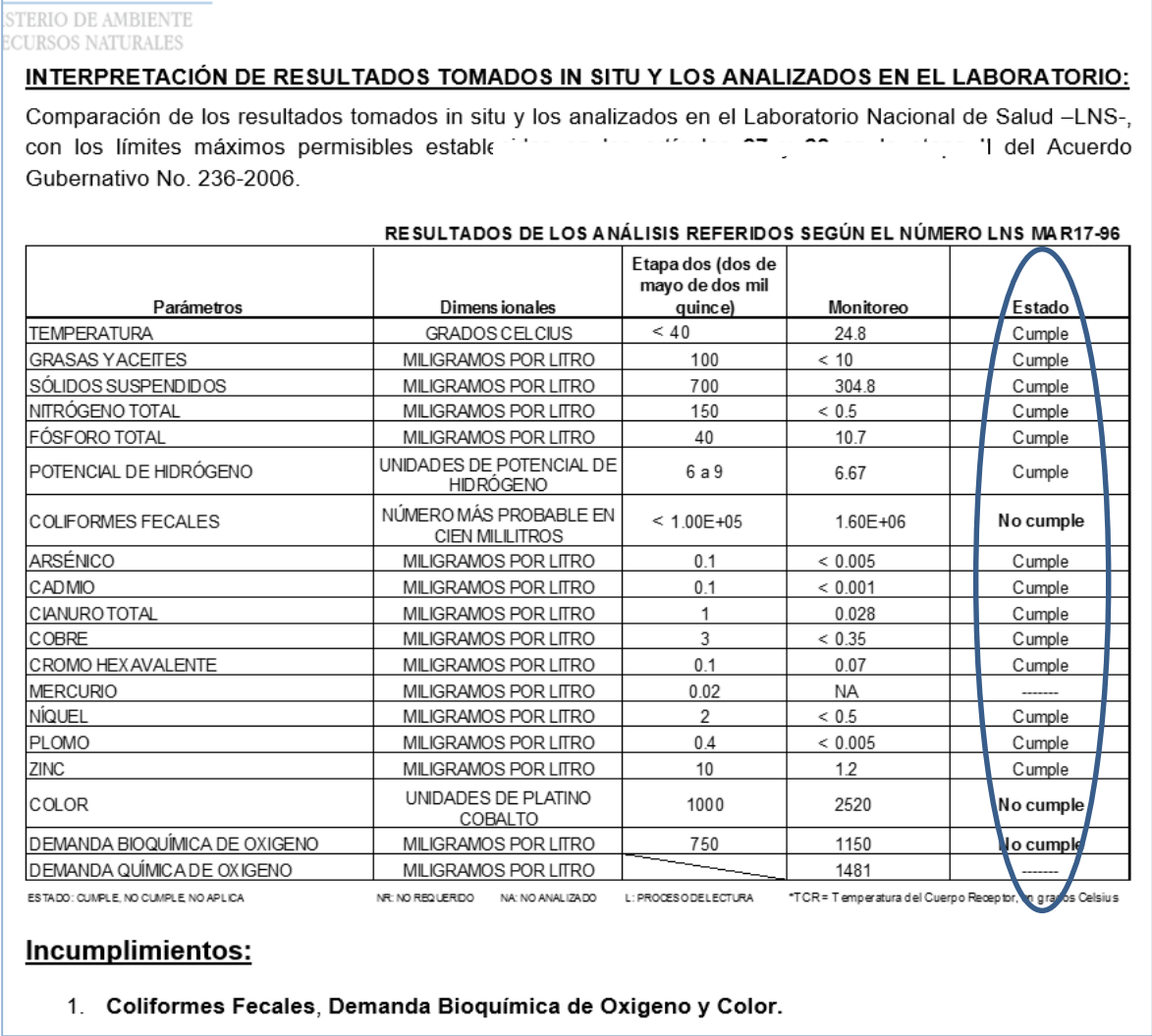
Cuadro 51. Monitoreo a entes generadores de aguas residuales.

Monitoreo de Entes Generadores					
No.	Actividad Económica	Lugar	Incumplimientos de Parámetros	Artículos aplicados	Medios de Verificación
1	Procesadora de granos	El Tejar Chimaltenango	Sólidos suspendidos y Color	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
2	Procesadora de cocido y empacado de verduras	El Tejar Chimaltenango	Coliformes fecales y Color	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
3	Procesadora de especias	El Tejar Chimaltenango	Coliformes fecales, Color y DBO	27 y 28	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
4	Condominio	San Jose Pinula, Guatemala	Sólidos suspendidos y Coliformes fecales	21	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
5	Elaboración de telas	Zona 12, Ciudad Capital			Boleta de campo, Acta de visita e Informe
6	Servicio de hospedaje	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Coliformes fecales	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
7	Servicio de hospedaje	Zona 2 de Mixco, Guatemala	coliformes fecales	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
8	Elaboración de prendas de vestir (textilera)	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Nitrógeno total, Fósforo total, Coliformes fecales, Color y DBO	30	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
9	Elaboración de prendas de vestir (textilera)	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Nitrógeno, Coliformes fecales, color y no presento el Estudio Técnico.	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
10	Servicio hospitalario	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Coliformes fecales, color y no presento el Estudio Técnico.	27 y 28	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
11	Servicio de comida rápida	Zona 11, Ciudad Capital	Materia flotante, Grasas y aceites, Sólidos suspendidos, pH, Color y DBO	27 Y 28	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
12	Fabricación de prendas de vestir (textilera)	Zona 7 de Mixco, Guatemala	Grasas y aceites, pH, Color y no presento el Estudio Técnico.	21	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
13	Producción y comercialización de mariscos.	Champerico, Retalhuleu	Cumple con los niveles de parametros	21 y 22	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
14	Complejo industrial	Barcénas, Villa Nueva, Guatemala	Coliformes fecales y no presento el Estudio Técnico.	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
15	Elaboración de accesorios de limpieza.	San Jose Villa Nueva, Guatemala	Nitrógeno total, Coliformes fecales y Color	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
16	Fabricación y teñido de hilo para prendas de vestir.	Barcénas, Villa Nueva, Guatemala	Grasas y aceites, color y no presento el Estudio Técnico.	21	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
17	Servicio de arrendamiento de locales comerciales.	Villa Nueva, Guatemala	Coliformes fecales	27 y 28	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
18	Servicio hotelero	Livingston, Izabal	Sólidos suspendidos, Grasas y aceites, Materia flotante, Coliformes fecales , Color y no presento el Estudio Técnico.	20	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
19	Elaboración de postres en general	Zona 11, Ciudad Capital	Color	27 y 28	Boleta de campo, Acta de visita e Informe
20	Productos congelados de diversas hortalizas y frutas.	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Color, pH, DBO	27 y 28	Boleta de campo, Acta de visita e Informe

Fuente: (DRHyC, 2018) DBO= Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Los parámetros que superan los límites máximos permisibles en la etapa correspondiente con mayor recurrencia fueron coliformes fecales y color, seguidamente de grasas y aceites, sólidos suspendidos y DBO.

En la figura 53, se ejemplifica la interpretación de los parámetros solicitados al Laboratorio Nacional de Salud y se interpreta, si “Cumple” o “No cumple” a los límites máximos permisibles del artículo aplicado. Este proceso se realiza con todos los monitoreos realizados. El artículo seleccionado dependerá si la entidad fue constituida antes o después del 5 de mayo de 2006 (ente generador nuevo o existente) y del lugar de descarga de sus aguas residuales (cuerpo receptor o alcantarillado público).



B. Inspección a entes generadores y administradores de aguas residuales

Como parte de las actividades propuestas, se realizaron inspecciones a entes generadores y administradores de aguas residuales, con la finalidad de verificar los avances en relación al cumplimiento del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 (cuadro 52).

Cuadro 52. Entes generadores y administradores de aguas residuales inspeccionados.

Inspecciones a entes generadores y administradores de aguas residuales			
No	Actividad Economica	Lugar	Medios de Verificación
1	Administradores de aguas residuales	El Tumbador, San Marcos	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
2	Administradores de aguas residuales	El Quetzal, San Marcos	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
3	Administradores de aguas residuales	La Reforma, San Marcos	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
4	Administradores de aguas residuales	Coatepeque, Quetzaltenango	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
5	Administradores de aguas residuales	Colomba, Quetzaltenango	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
6	Administradores de aguas residuales	San Martin Sacatepequez, Quetzaltenango	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
7	Proyecto Minero	San Miguel Ixtahuacan	Acta de Visita e informe
8	Beneficio de Café	Samayac, Suchitepéquez	Acta de Visita e informe
9	Textilera	Guatemala, Guatemala	Acta de Visita e informe
10	Urbanización	Palencia, Guatemala	Informe
11	Comercio de abarrotes	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Acta de visita e informe
12	Vitalizadora de caucho	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Acta de Visita e informe
13	Servicio hospitalario	Zona 1, Ciudad Capital	Acta de Visita e informe
14	Laboratorio dental	Zona 10, Ciudad Capital	Acta de Visita e informe
15	Servicio hotelero	San Francisco la Independencia, Huehuetenango	Acta de Visita e informe
16	Servicio hotelero	San Francisco la Independencia, Huehuetenango	Acta de Visita e informe
17	Servicio hotelero	San Francisco la Independencia, Huehuetenango	Acta de Visita e informe
18	Servicio hotelero	San Francisco la Independencia, Huehuetenango	Acta de Visita e informe

Fuente: DRHyC, 2018.

El 67 % de los entes visitados, el sistema de tratamiento esta en proceso de planificacion, el 11 % en proceso de construcción y el 22 % en proceso de operación. Los entes generadores visitados en huehuetenango desconoces la existencia de la normativa. La mayoría de los entes administradores cuentan con el estudio técnico de aguas residuales.

C. Evaluación de estudios técnicos de aguas residuales de entes generadores

La elaboración del estudio técnico por parte de las entidades que generen o administren aguas residuales, está estipulado en el artículo 5; y en el artículo 9 del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, donde se establece la evaluación del estudio técnico por parte de asesores del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas. Las entidades visitadas donde se realizó la verificación de la existencia del estudio técnico, se indican en el cuadro 53.

Cuadro 53. Evaluación de Estudios Técnicos de Aguas Residuales a entes generadores y administradores de aguas residuales.

Evaluación de Estudio Técnico de entes generadores o administradores de aguas residuales			
No.	Actividad Económica	Lugar	Medios de Verificación
1	Administradores de aguas residuales	Ixcán, Quiché	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
2	Administradores de aguas residuales	San Pedro Soloma, Huehuetenango	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
3	Administradores de aguas residuales	San José Pinula, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
4	Manufactura de accesorios	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
5	Administradores de aguas residuales	El Tumbador, San Marcos	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
6	Administradores de aguas residuales	El Quetzal, San Marcos	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
7	Administradores de aguas residuales	La Reforma, San Marcos	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
8	Administradores de aguas residuales	Coatepeque, Quetzaltenango	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
9	Administradores de aguas residuales	Colomba, Quetzaltenango	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
10	Administradores de aguas residuales	San Martín Sacatepéquez, Quetzaltenango	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
11	Proceso de Minerales	San José Pinula, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
12	Centro Comercial	Guatemala, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
13	Centro Comercial	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
14	Textilera	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
15	Producción de fertilizantes	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
16	Textilera	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
17	Producción de Hilo	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
18	Fabrica de utensilios de limpieza	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe

19	Maquila	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, formulario de Evaluación de Estudio Técnico e informe
20	Comercializadora de motocicletas	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
21	Centro Comercial	Zona 12, Ciudad Capital	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
22	Textilera	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
23	Producción de materiales para oficina	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
24	Centro Comercial	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
25	Textilera	Villa Nueva, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
26	Administradores de aguas residuales	San Miguel Acatán, Huehuetenango	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
27	Administradores de aguas residuales	San Rafael La Independencia, Huehuetenango	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
28	Administradores de aguas residuales	Huehuetenango, Huehuetenango	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
29	Administradores de aguas residuales	San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
30	Administradores de aguas residuales	Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
31	Producción de postres	Zona 11, Ciudad Capital	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico
32	Procesadora de alimentos	Zona 2 de Mixco, Guatemala	Acta de visita, Formulario de Evaluación de Estudio Técnico

Fuente: DRHyC, 2018.

El 66 % de los entes generadores visitados se realizó la evaluación del estudio técnico de aguas residuales y el 45 % no lo presentaron. Al no presentar el estudio técnico el ente generador, da el indicio que desconoce la carga contaminante que está descargando a un cuerpo de agua, manto freático o al alcantarillado público, ya que este no lleva un registro de caracterizaciones realizadas por un laboratorio registrado, este incurre en incumplimientos al A.G. No. 236-2006 y a daños al medio ambiente.

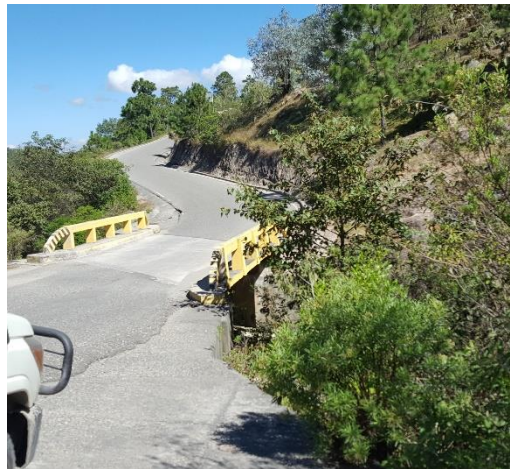
D. Monitoreo de cuerpos de agua

Los resultados de los análisis de las muestras recolectadas en los cuerpos de agua, únicamente servirán como valores de referencia, debido a que los mismos no corresponden a descargas de aguas residuales, y no existe normativa legal vigente que permita su interpretación. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados como líneas bases para verificar el comportamiento de los valores en el tiempo con futuros monitoreos (cuadro 54).

Cuadro 54. Monitoreos a cuerpos de agua.

Monitoreo a Cuerpos de Agua			
No.	Cuerpos de Agua	Lugar	Medios de Verificación
1	Aguas Arriba, Río Cuilco	San Miguel Itahuacan, San Marcos	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
2	Aguas Abajo, Río Cuilco	San Miguel Itahuacan, San Marcos	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
3	Quebrada seca	San Miguel Itahuacan, San Marcos	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
4	Riachuelo Afluente de Río Cuilco	San Miguel Itahuacan, San Marcos	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
5	Río Pantaleón	Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
6	Río Mazate	Escuintla, Escuintla	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
7	Río Achiguate	Escuintla, Escuintla	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
8	Quebrada El Toro	Lo de Rodriguez, Guatemala	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
9	Estero Grande	Champerico, Retalhuleu	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
10	Estero El Muerto	Champerico, Retalhuleu	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
11	Parte alta del río Teculután	Teculután, Zacapa	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
12	Parte media del río Teculután	Teculután, Zacapa	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra
13	Parte baja del río Teculután	Teculután, Zacapa	Análisis de Laboratorio, Informe y Mapa de Ubicación de Puntos de Muestra

Fuente: DRHyC, 2018.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 57. Monitoreo aguas abajo, río Cuilco.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 56. Monitoreo Quebrada Seca.

E. Ubicación y georreferenciación de fuentes de agua (nacimientos y/o manantiales)

Se realizaron actividades de ubicación y georreferenciación de nacimientos y/o manantiales, así como la generación de una base de datos de fuentes de agua a nivel municipal.

Cuadro 55. Inventario de fuentes de agua.

Ubicación de nacimientos			
No.	Número de Nacimientos	Lugar	Medios de Verificación
1	63 nacimientos	San Miguel Ixtahuacan, San Marcos	Informe y Mapa de ubicación de nacimientos
2	5 nacimientos	Asunción Mita, Jutiapa	Informe y Mapa de ubicación de nacimientos
3	Base de datos con 605 fuentes de agua municipal hasta el 15 de mayo de 2018	19 municipalidades	Base de datos de fuentes de agua municipal

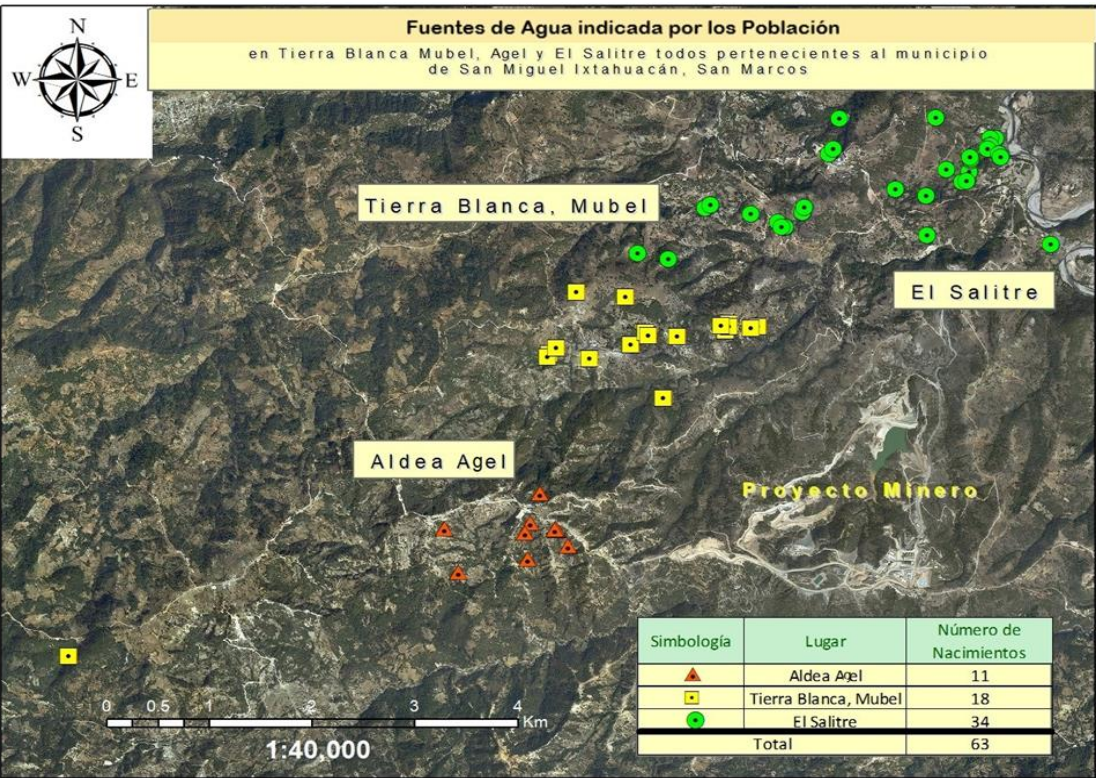
Fuente: DRHyC, 2018.

Los resultado de la actividad se indican en el cuadro 55 y figuras 59 y 60, donde se ubican los nacimientos de agua que abastecen a las comunidades aledañas, la finalidad de la ubicación, es tener una base de datos donde se podrán realizar monitoreos del comportamiento de los caudales en diferentes épocas del año (seca y lluviosa) y la base de datos de fuentes de agua municipales, es parte de las funciones del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.



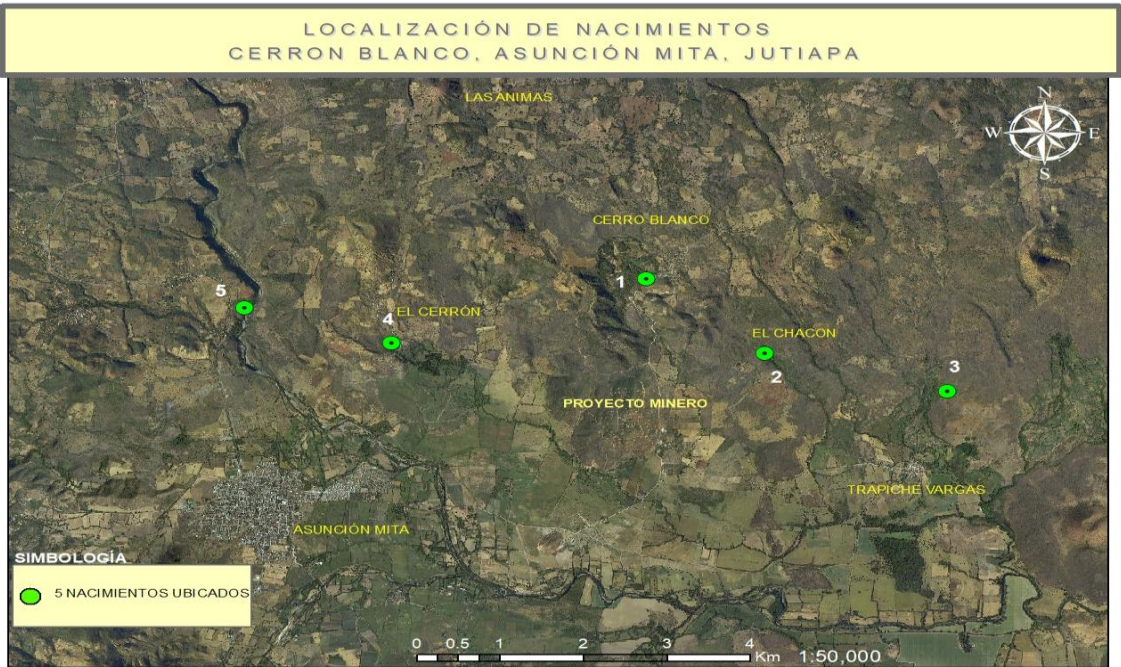
Fuente: DRHyC, 2018

Figura 58. Nacimiento Tierra Blanca, Mubil, San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.



Fuente: Elaborado en base a IGN (2002a).

Figura 59. Ubicación de fuentes de agua, municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.



Fuente: Elaborado en base a IGN (2002).

Figura 60. Ubicación de nacimientos en Cerro Blanco, Asunción Mita, Jutiapa.

F. Emitir opiniones técnicas de instrumentos ambientales

Se realizaron opiniones técnicas donde se verificó que los instrumentos ambientales presentados por consultores, cumplieran con los requerimientos necesarios en relación al manejo, conservación y protección del recurso hídrico, como la disposición final de las aguas residuales generadas (cuadro 56).

Cuadro 56. Opiniones técnicas de proyectos.

Opiniones Técnicas de Proyectos Vinculados al Recurso Hídrico			
No.	Proyecto	Lugar	Medios de Verificación
1	Mejoramiento Sistema de Alcantarillado Sanitario (Fosa Séptica)	Comalapa, Chimaltenango	Informe de Opinión Técnica del Proyecto
2	Toma de porción de agua de río	San Pablo Jocopilas	Informe de Opinión Técnica del Proyecto
3	Construcción de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	San Jorge, Zacapa	Informe de Opinión Técnica del Proyecto
4	Construcción de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	El Tejar, Chimaltenango	Informe de Opinión Técnica del Proyecto
5	Estación de servicios (gasolinera)	Morales, Izabal	Informe de Opinión Técnica del Proyecto

Fuente: DRHyC, 2018.

3.1.4 Evaluación

Las actividades desarrolladas contribuyeron a la conservación y mejoramiento del recurso hídrico en Guatemala, ya que se realizaron diversas acciones en la verificación de cumplimiento de regulaciones vigentes de descargas de aguas residuales en diferentes entidades y la generación de líneas bases de calidad para cuerpos hídricos, así mismo la ubicación de fuentes de agua con el objeto tener registros del comportamiento en época seca y lluviosa. Las opiniones técnicas son importantes ya que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales antes de emitir una licencia ambiental debe tener certeza del manejo del recurso hídrico a utilizar, así como la calidad con la que se realizara la descarga de aguas residuales. Como parte de los resultados obtenidos, se contribuyó con acciones que redujeron la degradación de los cuerpos hídricos y la generación de bases de datos.

3.2 Servicio 2. Sensibilización con temas de conservación y protección del recurso hídrico y cuencas hidrográficas, dirigido a estudiantes, técnicos vinculados con el recurso hídrico y cuencas, así como apoyo a la plataforma de educadores ambientales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

3.2.1 Objetivo

Capacitar a estudiantes, técnicos, guarda recursos y sociedad civil con temas vinculados con el recurso hídrico y cuencas hidrográficas.

3.2.2 Metodología

El Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, cuenta con un área Social en donde se programan capacitaciones, charlas, presentaciones o acompañamientos a otros departamentos del MARN, con el objetivo de fortalecer las capacidades de la sociedad en relación al recurso hídrico y el manejo de microcuencas o cuencas hidrográficas, así como normativas vigentes en relación a las descargas de aguas residuales.

Como parte de la programación se realizaron los siguientes procesos administrativos:

- a) Programar capacitación solicitada, en donde se indique fecha, hora y lugar
- b) Generar un nombramiento autorizado por jefatura del DRHyC
- c) Solicitar gastos, vehículo, combustible si se requiriera.
- d) Efectuar la capacitación
- e) Entrega de documentos, facilitados por el DRHyC a los participantes
- f) Entrega al área social del DRHyC, listados de participantes que asistieron a la capacitación y un informe de la capacitación realizada
- g) Liquidación de gastos y combustible utilizado

3.2.3 Resultados

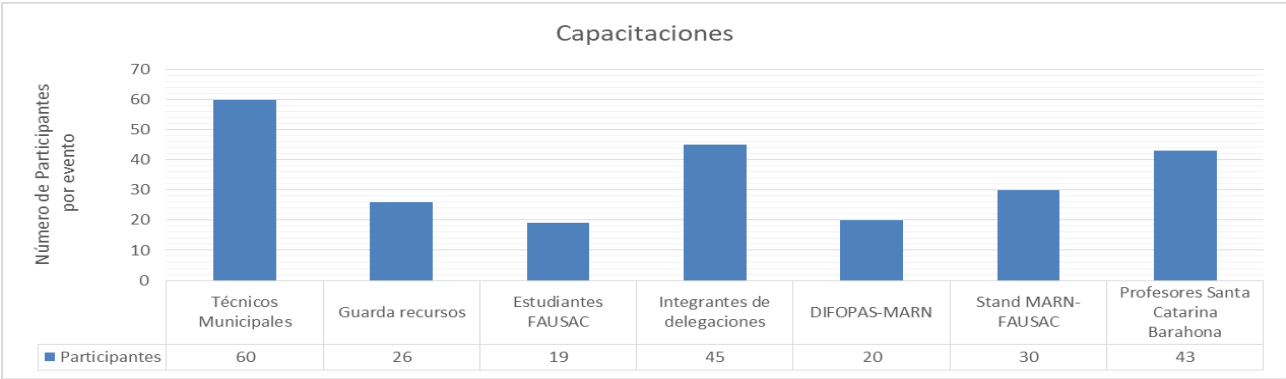
Se realizaron capacitaciones en forma teórica a los siguientes grupos:

Cuadro 57. Grupos de participantes.

Dirigido a:	Lugar	Tema Impartido
Técnicos Municipales	Municipalidad de Ixchiguan, San Marcos	Fortalecimiento de capacidades en el manejo integrado de cuencas
Técnicos Municipales	Municipalidad de Tajumulco, San Marcos	
Técnicos Municipales	Municipalidad de Santa Catarina Pinula	
Guarda Recursos	Parque Naciones Unidas, Amatitlan	Acuerdo Gubernativo No. 236-2006
Plataforma de Educadores Ambientales de la FAUSAC	FAUSAC	Situacion Actual del recurso hidrico en Guatemala
Plataforma de Educadores Ambientales de la FAUSAC	FAUSAC	Situacion Actual del recurso hidrico en Guatemala
Delegados y Técnicos departamentales	Sabana Grande, Escuintla	Practica de Aforos y uso de Molinete
Estudiantes	E.O.D.P. Santa Catarina Barahona	Importancia de la conservación del Recurso Hídrico
Estudiantes	E.O.U.M. Santa Catarina Barahona	
Estudiantes	E.O.R.M. Col. Chirijuyu, Santa Catarina	
Estudiantes	I.N.E.B. Col. Chirijuyu, Santa Catarina	
Estudiantes	Instituto de Educación Básica por Cooperativa Santa Catarina Barahona	
DIFOPAS-MARN	Hotel Las Faroles, Antigua Guatemala	Manejo Integrado de Cuencas
Participantes	FAUSAC	Importancia del Recurso Hídrico

Fuente: DRHyC, 2018.

En el cuadro 57, se indican los lugares, grupos dirigido y tema impartidos durante el servicio de socialización. Como parte de los resultados se capacitaron a 243 adultos (técnicos, educadores ambientales, delegados departamentales y estudiantes de la plataforma FAUSAC) y 546 estudiantes de los ciclo preprimaria, primario y básicos, indicados en la figura 61. Como parte de las capacitaciones se realizó una actividad de campo en donde se aforo el río que fluye sobre los terrenos de la finca Sabana Grande, en Escuintla, donde se realizó la práctica de aforo y uso del Molinete, esta práctica estuvo dirigida a delegados departamentales del MARN y técnicos.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 61. Gráfica de número de capacitados por evento.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 63. Capacitación en Tajumulco, San Marcos.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 62. Capacitación a técnicos de Ixchiguán, San Marcos.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 64. Entrega de material didáctico.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 65. Capacitación en Santa Catarina Pinula.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 66. Capacitación a guarda recursos.



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 67. Capacitación en Santa Catarina Barahona.

3.2.4 Evaluación

Como parte del compromiso de fomentar la protección, mejoramiento y conservación del recurso hídrico es socializar la importancia del mismo, llevando la información a los diferentes niveles escolares, técnicos municipales y sociedad civil, con el objeto de generar conciencia ambiental. Como resultado se obtuvieron 243 adultos capacitados, siendo estos técnicos, educadores ambientales, guarda recursos, delegados departamentales profesores, estudiantes de la Plataforma de Educadores Ambientales y 546 estudiantes del ciclo pre-primaria, primaria y básicos, indicados en el cuadro 58.

Las capacitaciones se llevaron a cabo en los municipios de Ixchiguan y Tajumulco del departamento de San Marcos, Santa Catarina Pínula, Amatitlán del departamento de Guatemala, Santa Catarina Barahona, del departamento de Sacatepéquez, Escuintla, departamento de Escuintla y en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cuadro 58. Cuadro resumen de capacitaciones realizadas.

Técnicos Municipales				
Lugar	Número de Participantes	Total	Tema Impartido	
Municipalidad de Ixchiguan, San Marcos	18	60	Fortalecimiento de capacidades en el manejo integrado de cuencas	
Municipalidad de Tajumulco, San Marcos	24		Fortalecimiento de capacidades en el manejo integrado de cuencas	
Municipalidad de Santa Catarina Pinula	18		Acuerdo Gubernativo No. 236-2006	
Guarda Recursos				
Lugar	Número de Participantes	Total	Tema Impartido	
Parque Naciones Unidas, Amatitlan	26	26	Acuerdo Gubernativo No. 236-2006	
Plataforma de Educadores Ambientales, FAUSAC-USAC				
Lugar	Número de Participantes	Total	Tema Impartido	
FAUSAC	14	19	Situación Actual del recurso hidrico en Guatemala	
FAUSAC	5		Situación Actual del recurso hidrico en Guatemala	
Delegados departamentales				
Lugar	Número de Participantes	Total	Tema Impartido	
Sabana Grande, Escuintla	45	45	Practica de Aforos y uso de Molinete	
Estudiantes Ciclo preprimaria, primaria, basics				
Lugar	Número de Participantes		Total	Tema Impartido
	Maestros	Estudiantes		
E.O.D.P. Santa Catarina Barahona	7	62	43 maestros y 546 estudiantes	Importancia de la conservación del Recurso Hídrico
E.O.U.M. Santa Catarina Barahona	12	175		Importancia de la conservación del Recurso Hídrico
E.O.R.M. Col. Chirijuyu, Santa Catarina Barahona	10	120		Importancia de la conservación del Recurso Hídrico
I.N.E.B. Col. Chirijuyu, Santa Catarina Barahona	5	100		Importancia de la conservación del Recurso Hídrico
Instituto de Educación Básica por CooperativaSanta Catarina Barahona	9	89		Importancia de la conservación del Recurso Hídrico
Personal de la Dirección Formación y Participación Social				
Lugar	Número de Participantes	Total	Tema Impartido	
Hotel Las Faroles, Antigua Guatemala	20	20	Manejo Integrado de Cuencas	
Stand del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales				
Lugar	Número de Participantes	Total	Tema Impartido	
FAUSAC	30	30	Importancia del Recurso Hídrico	

Fuente: DRHyC, 2018.

3.3 Servicio 3. Propuesta de actualización del manual interno de toma de muestra de aguas residuales del Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

3.3.1 Objetivo

Realizar una propuesta de actualización del manual de toma de muestra de aguas residuales, realizado en el año 2008.

3.3.2 Metodología

Se realizó una propuesta de actualización del Manual de toma de muestra que fue realizado el 21 de octubre de 2008, por el equipo técnico y de revisión del manual, Ing. Erick Ardón y Lic. Jaime Barrios, Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

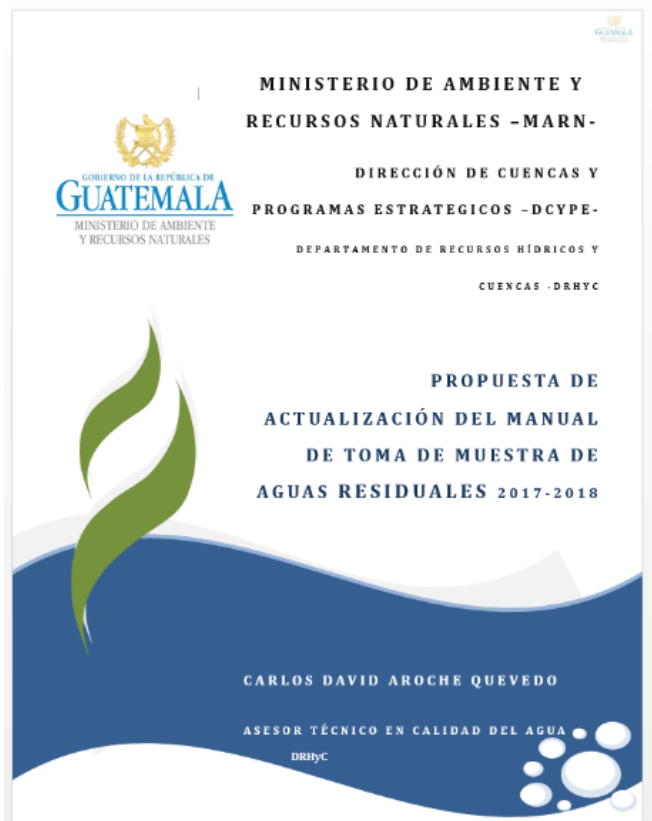
Para el desarrollo de dicho manual se realizó una revisión bibliográfica de conceptos generales que se deben saber antes de realizar una toma de muestra, además se tomó como referencia el Manual de Muestreo de Aguas presentado al DRHyC, utilizando su contenido como complemento de la actualización realizada.

3.3.3 Resultados

Se realizó la Actualización del Manual de Toma de Muestra de Aguas Residuales que consta de 43 páginas, las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- ✓ Glosario
- ✓ Capítulo I. Conceptos Generales
- ✓ Capítulo II. Caracterización de Aguas Residuales
- ✓ Capítulo III. Toma de Muestra de Aguas Residuales
- ✓ Anexos

Esta propuesta de manual de toma de muestra de aguas residuales, forma parte de los servicios prestados al Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 68. Portada de la propuesta de actualización del manual de toma de muestra de aguas residuales.

3.3.4 Evaluación

Como parte de los servicios realizados en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, se desarrolló una actualización del Manual de Toma de Muestra de Aguas Residuales, el cual viene a fortalecer las capacidades de los técnicos de este departamento.

Muchos de los técnicos de nuevo ingreso al DRHyC no tienen el conocimiento sobre conceptos generales, caracterización y toma de muestra de aguas residuales.

Lo que se espera de este manual es que el técnico de nuevo ingreso obtenga una rápida inducción del que hacer del DRHyC, complementando la información con el Diagnóstico presentado en este documento (capítulo I).

3.4 Servicio 4. Lineamientos de propuesta de actualización del proceso administrativo de los expedientes de entes generadores y administradores de aguas residuales que se encuentran en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

3.4.1 Objetivo

Realizar una propuesta de actualización del proceso administrativos de los expedientes de entes generadores y administradores de aguas residuales que se encuentran en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas.

3.4.2 Metodología

Los expediente que se encuentran en el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas se manejan por medio de una base de datos utilizando el Software de Excel.

Como parte de la actualización es cambiar el software actual por uno que relacione un sistema de información geográfico, anexando a un vector la información del ente generador encontrada en la base.

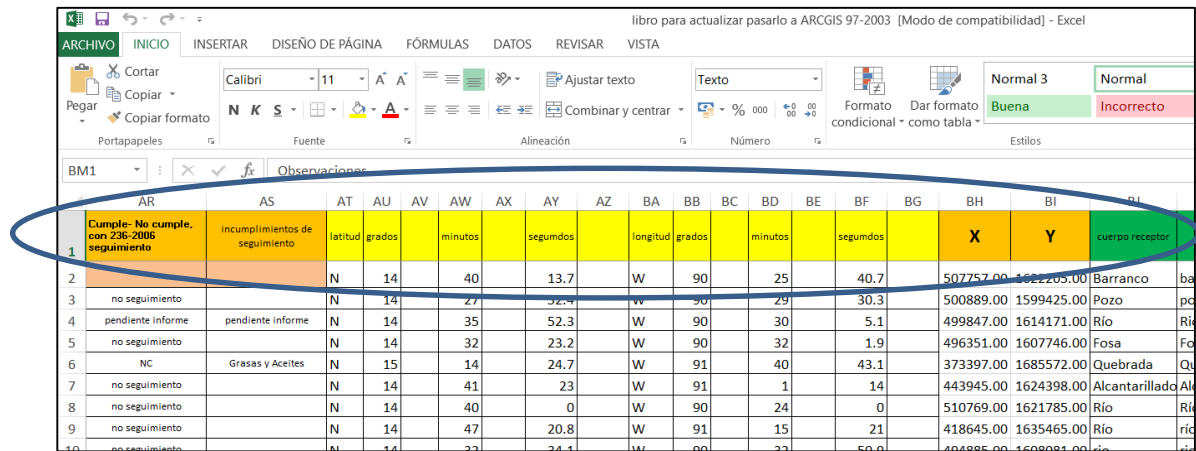
Actualmente existen en el mercado una serie de software con base a un SIG. Como parte del diagnóstico realizado al DRHyC se analizó una muestra de 247 expedientes de entes generadores los cuales se manejaron en una base de datos en ArcGIS 10.1 la cual enlaza un punto (representa la ubicación del ente generador) a una base de datos.

A. Proceso realizado en el Diagnóstico con la muestra de 274 expedientes

Esta muestra se obtuvo de la base de datos que se encuentra en el DRHyC generada en formato Excel, hoja No. 18, denominada “*Base de Datos Entes Generadores*” y se filtraron los expedientes generados en el período del 2010 al 2017.

Al obtener la muestra representa de 274 expedientes, se procedió a generar en el software de Excel nuevas columnas donde se tabularon datos faltantes, importantes para el diagnóstico. Se adicionaron 26 columnas a la base de datos ya existente.

Se procedió a realizar el análisis de los expedientes individualmente, extrayendo todos aquellos datos que ayudarían a generar un panorama de la situación de los entes generadores.

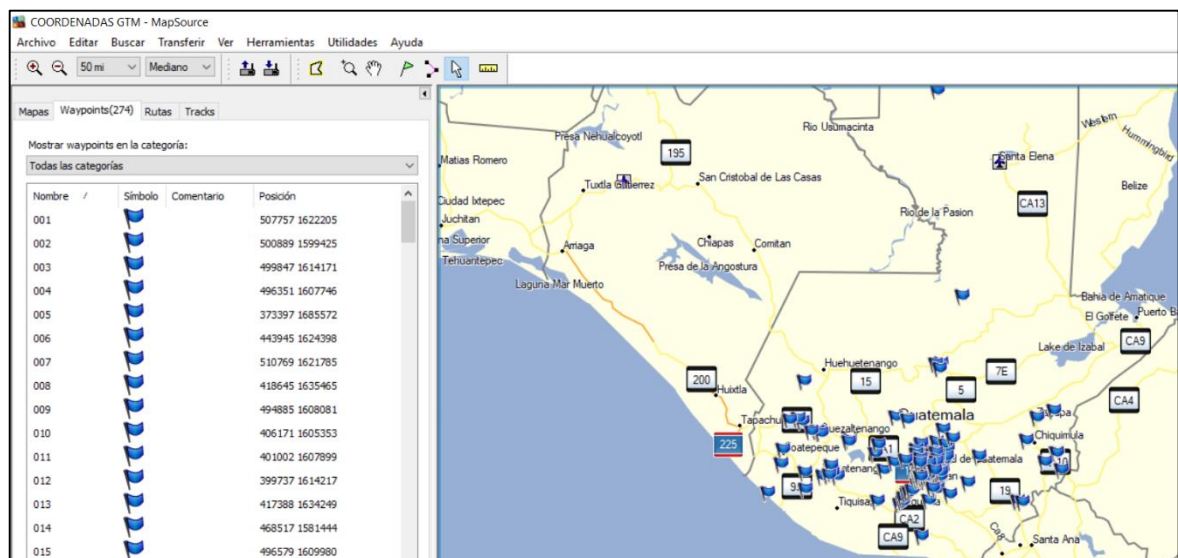


	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ
1	Cumple- No cumple, con 236-2006 seguimiento	Incumplimientos de seguimiento	latitud	grados	minutos		segundos		longitud	grados		minutos		segundos			X	Y	cuerpo receptor
2			N	14	40		13.7		W	90		25		40.7			507757.00	1622205.00	Barranco
3	no seguimiento		N	14	27		52.4		W	90		29		30.3			500889.00	1599425.00	Pozo
4	pendiente informe	pendiente informe	N	14	35		52.3		W	90		30		5.1			499847.00	1614171.00	Rio
5	no seguimiento		N	14	32		23.2		W	90		32		1.9			496351.00	1607746.00	Fosa
6	NC	Grasas y Aceites	N	15	14		24.7		W	91		40		43.1			373397.00	1685572.00	Quebrada
7	no seguimiento		N	14	41		23		W	91		1		14			443945.00	1624398.00	Alcantarillado
8	no seguimiento		N	14	40		0		W	90		24		0			510769.00	1621785.00	Rio
9	no seguimiento		N	14	47		20.8		W	91		15		21			418645.00	1635465.00	Rio
10	no seguimiento		N	14	27		24.1		W	90		27		50.0			494885.00	1609980.00	Rio

Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 69. Base de Datos en Excel con nuevas columnas.

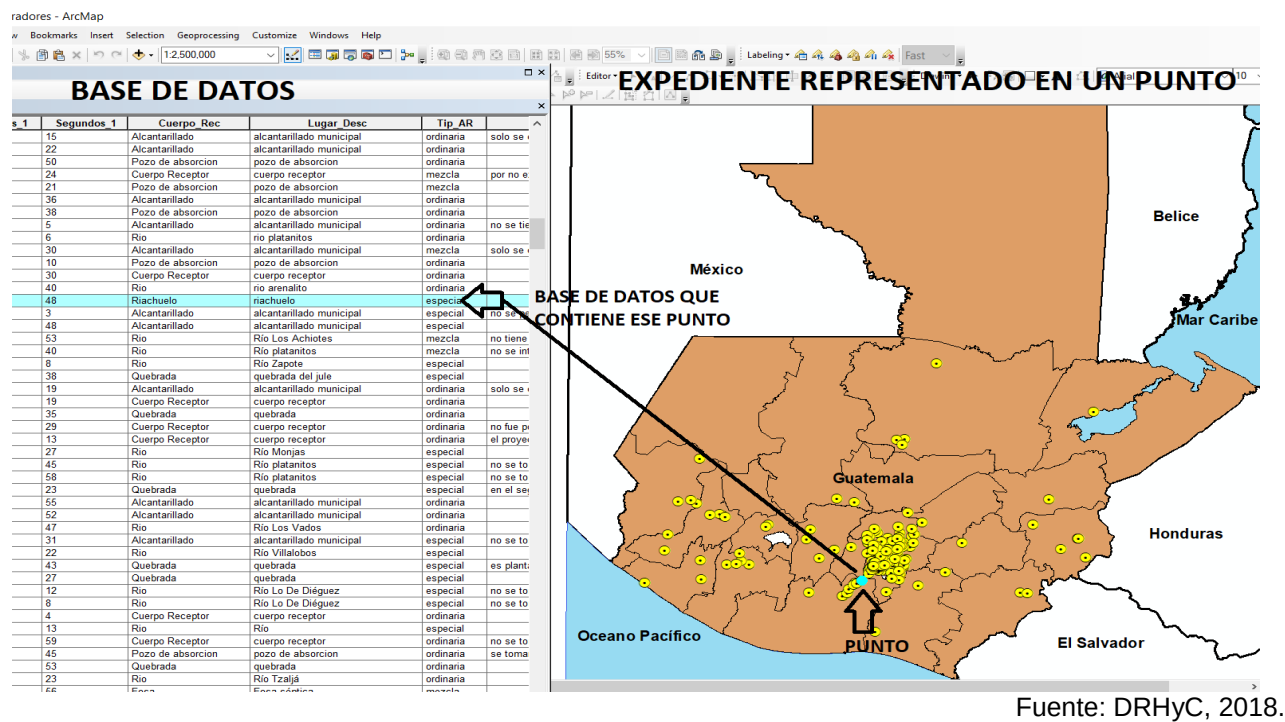
Es importante destacar que para generar una base de datos en un SIG, se debe manejar un mismo sistema de coordenadas. Para el diagnóstico realizado se utilizó el sistema WGS 84 GTM, por lo cual se convirtieron las coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) a coordenadas GTM (X, Y). Existen software para realizar los cambios de sistemas de coordenadas, para el diagnóstico se utilizó el software MapSource (figura 70).



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 70. Pantalla del Software MapSource.

Una vez realizado el proceso de cambio del sistema de coordenadas, se exportó la base de datos de Excel al software ArcGIS 10.1 tomando las columnas X y Y para generar los puntos referenciados. Al realizar el proceso de exportación, se crea el SHAPE de puntos (es el tipo de vector que se utilizó), en donde cada punto generado se encuentra toda la información tabulada del expediente analizado (figura 71).



Fuente: DRHyC, 2018.

Figura 71. Representación de los expedientes en un SIG.

3.4.3 Resultados

Como resultado se obtuvo una base de datos de 274 expedientes representados en un sistema SIG. Como parte de la propuesta de actualización de la administración de los expedientes en el DRHyC, es realizar este proceso con los expedientes generados hasta mayo del 2018 y los nuevos expedientes ingresarlos directamente a la base de ArcGIS con el objetivo de mejorar el manejo de la información.

3.4.4 Evaluación

Al implementar este nuevo método de administración de los expedientes, el Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas pasara a formar parte de todas aquellas instituciones que ya manejan sus bases de datos en un SIG.

A. Ventajas

- a) Administración de todos los expedientes en una misma base de datos
- b) Estadísticas del comportamiento de los entes generadores en relación al cumplimiento al A.G. 236-2006
- c) Categorizar diferentes campos, como por ejemplo: azules ya se les evaluó Estudios Técnico y rojos pendientes de evaluación.
- d) Ubicar gráficamente en que sectores del país no se ha trabajado el monitoreo y seguimiento de los entes generadores.
- e) Utilizar diferentes SHAPES como el de cuencas, esto para verificar que cuenca del país está sufriendo más presión por las descargas.
- f) Identificar y categorizar los diferentes puntos de descarga de aguas residuales.
- g) Sobreponer el SHAPE de fuentes de agua municipal generada por el DRHyC con el SHAPE de entes generadores, con esto se podrá identificar que fuentes de agua tiene mayor riesgo de contaminarse por las descargas.
- h) Cumplir con la realización de un inventario nacional de entes generadores de aguas residuales y su uso.
- i) Entre otras ventajas de este nuevo sistema.

4 BIBLIOGRAFÍA

Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas, Guatemala (DRHyC). (2018). *Archivo: Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas*. Guatemala: MARN.

Instituto Geográfico Nacional, Guatemala (IGN). (2004). *Fotografía digital aerea de la Asunción Mita: hoja no. 22592_22, escala 1:50,000*. Guatemala: IGN.

_____. (2004a). *Fotografía digital aerea de la Santa Barbara: hoja no. 18611_11, escala 1:50,000*. Guatemala: IGN.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN). (2006). *Acuerdo Gubernativo No. 236-2006: Reglamento de descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Guatemala: MARN.

_____. (2008). *Acuerdo Ministerial No. 105-2008: Manual general del reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. Guatemala: MARN.

_____. (2016a). *Acuerdo Ministerial No. 335-2016: Normas para promover la gestión integrada de cuencas a través de la creación y operación del inventario de usuarios del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas de la República de Guatemala*. Guatemala: MARN.

_____. (2016b). *Acuerdo Ministerial No. 360-2016: Formulario de información y requisitos básicos para el registro en el inventario de usuarios del recurso hídrico*. Guatemala: MARN.