

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL REALIZADO EN EL
MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO,
GUATEMALA, C.A.**

**JOSÉ ROBERTO MARTÍNEZ HERRERA
GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012**

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL REALIZADO EN EL
MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO,
GUATEMALA, C.A.**

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

POR

JOSÉ ROBERTO MARTÍNEZ HERRERA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
**RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO
DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. MSc. Óscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Br. Ana Isabel Fion Ruiz
VOCAL QUINTO	Br. Luis Roberto Orellana López
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

Guatemala, septiembre de 2012.

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

Honorables miembros:

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

**MANEJO INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL REALIZADO EN
EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO,
GUATEMALA, C.A.**

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado. Esperando que la presente investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me suscribo

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

JOSÉ ROBERTO MARTÍNEZ HERRERA.

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: Gracias Padre todo poderoso por haberme concedido el don de la vida, por iluminar mi camino en los momentos de angustia, desespero y venideros. Gracias Señor por haberme permitido realizar los estudios superiores en la gloriosa Facultad de Agronomía.

Santísima Virgen:

Gracias mamá María, por interceder ante tu hijo Jesucristo en cada una de las plegarias realizadas por mi persona, por protegerme y orientarme como solo una madre lo sabe hacer.

Mis padres:

Octavio Fidel Martínez Martínez, porque con tu ejemplo me has enseñado a valorar las bendiciones recibidas en nuestro hogar. Lesbia Marina Herrera de Martínez, gracias por tu apoyo incondicional por estar presente en los momentos difíciles de mi vida. Es un orgullo y una bendición que ustedes sean mis padres, los amo, hoy puedo decir: lo logramos.

Mis abuelos:

Felisa de Martínez, Víctor Martínez y Gertrudis de Herrera, gracias por el amor, el apoyo y sabiduría transmitida. Especialmente a Benito Herrera, en vida procuraste guiarme con tus conocimientos, gracias por transmitirme el gusto por las ciencias agronómicas, este logro lo dedico en memoria tuya.

Mi hermano:

Octavio David, agradezco tu paciencia, comprensión y apoyo, sos una bendición en mi vida.

Mis tíos y tías:

Gracias por los consejos y apoyo, los llevo siempre en mi corazón.

Mi madrina:

María de los Ángeles Herrera, infinitas gracias porque cuando solicite tu ayuda siempre estuviste conmigo en buenos y malos momentos.

Mis primos:

Agradezco su apoyo, especialmente Juan Pablo y Andrés cuando lo solicité siempre estuvieron dispuestos a ayudarme.

Mis amigos:

A cada uno de ustedes que me apoyaron en este proceso de formación académica, especialmente a los Boxing's gracias por compartir este proceso.

Ti:

Marioli Pineda, por tu amor, cariño, tiempo y apoyo, me has brindado tu ayuda sincera e incondicional, gracias por todo.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Dios: Proveedor de amor y eterna fidelidad.

Guatemala: Querida y amada patria, país que me vio nacer.

Universidad de San Carlos de Guatemala: Máxima casa de estudios, institución que me dio la oportunidad de formarme como profesional.

Facultad de Agronomía: Formadora de grandes profesionales, por poner a disposición las herramientas esenciales, que me permitirán desarrollarme y desenvolverme en el campo profesional.

Particularmente: A mis padres, abuelos, hermano, tíos, primos y amigos por toda la ayuda y apoyo recibido, en el transcurso de la formación superior, gracias por depositar su confianza en mí.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores: Dr. Marvin Salguero Barahona e Ing. Agr. Adalberto Rodríguez, gracias por la paciencia y dedicación invertida en este trabajo.

Municipalidad La Libertad, Huehuetenango: Un sincero agradecimiento a Quevin Recinos, César de León y Fredy Matta por la oportuna y valiosa colaboración en los trabajos de campo para la realización de este documento.

Un agradecimiento sincero a la familia Palacios Martínez, quienes con toda confianza me brindaron vivienda y alimentación en la duración del ejercicio profesional supervisado, a ustedes les doy gracias.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO	
ANÁLISIS DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.....	
	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 MARCO REFERENCIAL	3
1.2.1 Ubicación geográfica	3
1.2.2 Vías de acceso	3
1.2.3 Centros poblados.....	3
1.2.4 Aspectos biofísicos	5
1.2.4.1 Zonas de vida	5
1.2.4.2 Precipitación	5
1.2.4.3 Temperatura	6
1.2.4.4 Humedad relativa.....	6
1.2.4.5 Horas luz.....	6
1.2.4.6 Orografía.....	6
1.2.4.7 Fisiografía y geomorfología	6
1.2.4.8 Hidrografía	7
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 Objetivo general.....	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
1.4 METODOLOGÍA	9
1.4.1 Revisión bibliográfica	9
1.4.2 Reconocimiento del lugar	9
1.4.3 Análisis de la información	9
1.4.4 Priorización de problemas	9
1.5 RESULTADOS	10
1.5.1 Recurso hídrico superficial.....	10
1.5.2 Recurso hídrico subterráneo.....	11
1.5.3 Contaminación del recurso hídrico.....	11

Contenido	Página
1.5.4 Matriz de priorización de problemas	12
1.6 CONCLUSIONES	14
1.7 BIBLIOGRAFÍA.....	15
CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN.....	17
DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS MICROCUENCAS DEL RÍO EL JUTE Y RÍO EL NARANJO, EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.	17
2.1 INTRODUCCIÓN.....	18
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	19
2.3 MARCO TEÓRICO	20
2.3.1 Marco conceptual.....	20
2.3.1.1 Ciclo hidrológico	20
2.3.1.2 Cuenca hidrográfica.....	20
2.3.1.2.1 La cuenca como sistema.....	21
2.3.1.2.2 Parte aguas	21
2.3.1.2.3 Tipos de corrientes	21
2.3.1.2.4 Orden de corrientes.....	22
2.3.1.3 Aspectos morfométricos	22
2.3.1.4 Aspectos lineales de la microcuenca.....	22
2.3.1.4.1 Aspectos de superficie	23
2.3.1.4.2 Aspectos de relieve	25
2.3.1.5 Aspectos del recurso hídrico.....	28
2.3.1.5.1 Recurso hídrico	28
2.3.1.5.2 Disponibilidad de la cantidad de agua.....	29
2.3.1.5.3 Métodos de aforo.....	29
2.3.1.5.4 Calidad de agua	30
2.3.1.6 Balance hidrológico	32
2.3.1.7 Fotogrametría y sistemas de información geográfica	33

Contenido	Página
2.3.1.7.1 Fotogrametría y fotointerpretación.....	33
2.3.1.7.2 Sistemas de información geográfica.....	34
2.3.2 Marco Referencial.....	35
2.3.2.1 Localización geográfica	35
2.3.2.2 Vías de acceso	35
2.3.2.3 Zonas de vida	35
2.3.2.4 Precipitación	36
2.3.2.5 Temperatura	36
2.3.2.6 Humedad relativa.....	36
2.3.2.7 Horas luz.....	36
2.3.2.8 Orografía.....	37
2.3.2.9 Fisiografía y geomorfología	37
2.3.2.10 Hidrografía	37
2.4 OBJETIVOS	38
2.4.1 Objetivos generales	38
2.4.2 Objetivos específicos	38
2.5 METODOLOGÍA.....	39
2.5.1 Recurso hídrico.....	39
2.5.1.1 Recopilación de información secundaria	39
2.5.1.2 Recurso hídrico.....	39
2.5.1.3 Morfometría de las microcuencas.....	39
2.5.1.3.1 Delimitación de las microcuencas	39
2.5.1.3.2 Aspectos lineales.....	39
2.5.1.3.3 Aspectos de superficie	42
2.5.1.3.4 Forma de las microcuencas	42
2.5.1.3.5 Aspectos de relieve	43
2.5.2 Reconocimiento de áreas	45
2.5.2.1 Hidrografía.....	45
2.5.2.2 Hidrometría.....	45

Contenido	Página
2.5.2.2.1 Ubicación de puntos de aforo	45
2.5.2.3 Método de sección – velocidad.....	46
2.5.3 Determinación del área de la sección	46
2.5.4 Calidad de agua	46
2.5.4.1 Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua	46
2.5.4.2 Análisis del recurso hídrico	46
2.5.4.3 Usos del Agua	47
2.5.5 Balance Hidrológico de las microcuencas.....	47
2.5.5.1 Determinación de la precipitación media	48
2.5.5.2 Determinación de la evapotranspiración.....	48
2.5.6 Zonas con riesgo de contaminación	48
2.5.6.1 Caracterización de los agentes contaminantes	48
2.5.6.2 Georreferenciación de las zonas en riesgo de contaminación.....	48
2.5.7 Sistematización de información	49
2.5.7.1 Análisis de resultados	49
2.5.7.2 Redacción del documento de investigación.....	49
2.6 RESULTADOS	50
2.6.1 Determinación de las características morfométricas de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.	50
2.6.1.1 Determinación de aspectos lineales de la microcuenca del río El Jute.	50
2.6.1.2 Determinación de aspectos de superficie de la microcuenca del río El Jute	54
2.6.1.3 Determinación de aspectos de relieve de la microcuenca del río El Jute.	54
2.6.1.4 Determinación de aspectos lineales de la microcuenca del río El Naranjo.....	56
2.6.1.5 Determinación de aspectos de superficie de la microcuenca del río El Naranjo.....	58
2.6.1.6 Determinación de aspectos de relieve de la microcuenca del río El Naranjo.....	60

Contenido	Página
2.6.2 Balance hidrológico de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo	60
2.6.2.1 Datos climáticos.....	60
2.6.2.1.1 Precipitación pluvial mensual	61
2.6.2.1.2 Cálculo de temperatura mensual.....	63
2.6.2.1.3 Calculo de la evapotranspiración potencial mensual por los métodos de Hargreaves y Blannay y Criddle.....	69
2.6.2.2 Caudales medios mensuales.....	75
2.6.2.3 Balance hidrológico de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.....	77
2.6.3 Calidad del agua.....	78
2.6.3.1 Análisis físico y químico sanitario del agua de las microcuencas de los Ríos El Jute y El Naranjo	78
2.6.3.1.1 Evaluación química de la calidad de agua con fines de consumo	79
2.6.3.1.2 Evaluación física de la calidad de agua con fines de consumo	80
2.6.3.1.3 Análisis microbiológico del agua de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.....	81
2.6.3.2 Análisis de la calidad de agua	82
2.6.4 Determinación de la demanda de agua para uso doméstico y agrícola.....	82
2.6.5 Identificación de zonas con riesgo de contaminación dentro de las áreas de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.	94
2.7 CONCLUSIONES.....	100
2.8 RECOMENDACIONES.....	102
2.9 BIBLIOGRAFÍA.....	103
2.10 APÉNDICES.....	105

Contenido	Página
CAPÍTULO III: SERVICIOS	
INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LAS MICROCUENCAS DEL RÍO EL JUTE Y RÍO EL NARANJO, EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.	109
3.1 PRESENTACIÓN	110
3.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS RÍOS EL JUTE Y EL NARANJO, LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO.....	111
3.2.1 Objetivo.....	111
3.2.2 Objetivo general.....	111
3.2.3 Objetivos específicos	111
3.2.4 Metodología	111
3.2.4.1 Planificación de muestreos	111
3.2.4.2 Tabulación de datos	112
3.2.5 Resultados	113
3.2.6 Evaluación	116
3.3 DESARROLLO DE TALLERES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	116
3.3.1 Objetivos.....	116
3.3.1.1 Objetivo general.....	116
3.3.1.2 Objetivos específicos.....	116
3.3.2 Metodología	117
3.3.2.1 Planificación de visitas a centros educativos	117
3.3.2.2 Visitas a centros educativos	117
3.3.3 Implementación de talleres de educación ambiental	117
3.3.4 Resultados	117
3.3.5 Evaluación	118
3.4 BIBLIOGRAFÍA.....	119
3.5 ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Matriz para la priorización de problemas relacionados al recurso hídrico superficial de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.....	12
Cuadro 2. Tabla de simbología utilizada para la caracterización del relieve.....	27
Cuadro 3. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.....	30
Cuadro 4. Parámetros lineales de la microcuenca del río El Jute.....	50
Cuadro 5. Aspectos de superficie, microcuenca río El Jute.....	54
Cuadro 6. Elevación media, microcuenca río El Jute.....	55
Cuadro 7. Aspectos de relieve microcuenca río El Jute.....	56
Cuadro 8. Aspectos lineales microcuenca río El Naranjo.	57
Cuadro 9. Elevación media, microcuenca río El Naranjo.....	58
Cuadro 10. Aspectos de superficie microcuenca río El Naranjo.	59
Cuadro 11. Aspectos de relieve microcuenca río El Naranjo.....	60
Cuadro 12. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas de las estaciones San Pedro Nécta y Cuilco.....	61
Cuadro 13. Precipitación media por medio de Isoyetas.....	62
Cuadro 14. Precipitación media por medio de Isoyetas.....	63
Cuadro 15. Temperatura media de las estaciones meteorológicas Cuilco y San Pedro Nécta.	64
Cuadro 16. Cálculo de la evapotranspiración mensual de las estaciones meteorológicas Cuilco y San Pedro Nécta.	69
Cuadro 17. Evapotranspiración media por medio de isoplejas, microcuenca del río El Jute.....	70
Cuadro 18. Evapotranspiración media por medio de Isoplejas, microcuenca del río El Naranjo.	71
Cuadro 19. Aforos de los ríos El Jute y río El Naranjo.....	75
Cuadro 20. Resumen del balance hidrológico de la microcuenca del río El Jute.....	77
Cuadro 21. Resumen del balance hidrológico de la microcuenca del río El Naranjo.....	77

Contenido	Página
Cuadro 22. Resultados de análisis químico sanitario de las microcuencas.....	79
Cuadro 23. Resultados de análisis físico sanitario de las microcuencas.....	80
Cuadro 24. Resultados de análisis microbiológico de las microcuencas.....	81
Cuadro 25. Resultados de evaluación microbiológica de las microcuencas.....	113
Cuadro 26. Resultados de la evaluación química sanitaria de las microcuencas.....	114
Cuadro 27. Resultados de la evaluación física sanita de las microcuencas.....	115
Cuadro 28. Distribución de alumnos, según escuela, grado y sexo.....	118
Cuadro 29. Características sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP), que debe tener el agua potable.....	120
Cuadro 30. Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permicibles.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Ubicación geográfica de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.....	4
Figura 2. Recurso hídrico superficial: A) río El Naranjo y B) río El Jute.....	10
Figura 3. Elementos contaminantes: A) río El Naranjo y B) río El Jute.....	11
Figura 4. Mapa hidrográfico, microcuenca río El Jute.....	52
Figura 5. Mapa hidrográfico, microcuenca río El Naranjo.....	53
Figura 6. Curva hipsométrica río El Jute.....	55
Figura 7. Curva hipsométrica, río El Naranjo.....	59
Figura 8. Precipitación media mensual, de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.....	61
Figura 9. Temperatura media mensual, de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.....	64
Figura 10. Isoyetas de la microcuenca del río El Jute.....	65
Figura 11. Isotermas de la microcuenca del río El Jute.....	66
Figura 12. Isoyetas de la microcuenca del río El Naranjo.....	67

Contenido	Página
Figura 13. Isotermas de la microcuenca del río El Naranjo.....	68
Figura 14. Evapotranspiración potencial Promedio mensual, de las estaciones meteorológicas Cuilco y San Pedro Nécta.....	69
Figura 15. Isopletras de la microcuenca del río El Jute.....	73
Figura 16. Isopletras microcuenca río El Naranjo.	74
Figura 17. Comportamiento de los caudales de cada uno de los ríos.	76
Figura 18. Uso del agua en las microcuencas del río El Jute y El Naranjo.	83
Figura 20. Porcentaje de personas con contador (medidor) de agua.	84
Figura 19. Actividades que conllevan mayor consumo de agua.	84
Figura 21. Consumo de agua, por personas con contador.	85
Figura 22. Gasto de agua sin registro al día.	86
Figura 23. Métodos de almacenaje de agua en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.	86
Figura 24. Tipos de recipientes y volumen para el almacenaje de agua.	87
Figura 25. Frecuencia en la escasez de agua en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.	88
Figura 26. Frecuencia en la falta de presión del servicio de agua en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.	88
Figura 27. Consecuencias de la escasez de agua.....	89
Figura 28. Opinión del agua en los como problema ambiental en los ríos El Jute y El Naranjo.	89
Figura 29. Justificación del problema del agua.	90
Figura 30. Opinión sobre la contaminación del agua.	91
Figura 31. Opinión sobre la necesidad de hacer cambios en el uso del agua.....	91
Figura 32. Alternativas para mejorar el uso del agua.....	92
Figura 33. Alternativas como herramientas para realizar cambios en el uso del agua.	93
Figura 34. Tiempo dispuesto para implementar cambios en uso del agua.	94
Figura 35. Ubicación de manantiales dentro de la microcuenca del río El Jute.	96

Contenido	Página
Figura 36. Ubicación de manantiales dentro de la microcuenca del río El Naranjo.	97
Figura 37. Ubicación de zonas con riesgo de contaminación dentro de la microcuenca del río El Jute.	98
Figura 38. Ubicación de zonas con riesgo de contaminación dentro de la microcuenca del río El Naranjo	99
Figura 39. Realización de muestreos de calidad de agua.	115
Figura 40. Realización de presentaciones multimedias, a población estudiantil primaria.	118

RESUMEN

El presente documento, es parte de las actividades del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la FAUSAC realizándose durante el periodo de febrero a noviembre del 2010, agrupándolo en tres capítulos, los cuales son: diagnóstico, investigación y servicios.

El diagnóstico realizado en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, La Libertad, Huehuetenango, fue enfocado a los recursos hídricos superficiales a un nivel de reconocimiento, mediante la búsqueda de información y reconocimiento de campo, logrando tener un marco de referencia sobre los recursos hídricos, tomando en cuenta la situación actual de los mismos dentro de las microcuencas, como también la priorización de los problemas: contaminación del agua superficial, información técnica de las microcuencas, monitoreo de áreas contaminadas, así como el inventario de manantiales.

La investigación llevada a cabo en las microcuencas, se enfocó en la realización de la caracterización morfométrica, balance hidrológico y calidad del agua superficial, derivado de la falta de información técnica y actualizada. La microcuenca del río El Jute posee un área de 22.3km² y la del río El Naranjo 21.2km²; se encuentran en una etapa madura según la curva hipsométrica, con coeficiente de relieve alto, alta densidad de drenaje, con pendientes de amplio escarpe, susceptible a la erosión hídrica. En las microcuencas, de acuerdo con los parámetros físicos y químicos, estos se encontraron dentro del límite máximo aceptable y permisible según la norma COGUANOR de agua potable para consumo humano. Sin embargo, los análisis microbiológicos según la misma norma, las aguas no son aptas para el consumo humano, debido al alto grado en los niveles de coliformes fecales.

En el río El Jute el caudal es de 4.16m³/s, para el río El Naranjo es de 1.852m³/s. Los caudales máximos fueron reportados en los meses de agosto y septiembre. La primera de las microcuencas, cuenta con una escorrentía de - 3945.37 mm, una precipitación promedio anual de 1,813.8mm y una evapotranspiración potencial de

1449.28mm. Para la del río El Naranjo se estableció una precipitación promedio anual de 1617.82mm, escorrentía de -1283.68mm y evapotranspiración potencial de 1617.6mm. Se puede indicar la influencia de una cuenca superior que utilice como sistema de drenaje cada una de estas microcuencas por medio de aguas subterráneas, de esta misma cuenca superior, debido a la evidencia valores elevados en la escorrentía.

El manantial de la aldea El Rodeo, presenta focos de contaminación, por la invasión de animales en el lugar. Otro factor importante es que en la temporada de cosecha de café, se vierten las aguas mieles al cauce de los ríos, aunque este aspecto se ha reducido, debido a que para conseguir una certificación de este cultivo se debe de contar con fosas para el almacenamiento de estas aguas.

Los servicios realizados en campo fueron orientados de acuerdo a las necesidades de las comunidades de las microcuencas, relacionados al enfoque investigativo, donde el primer servicio consistió en evaluar la calidad del recurso hídrico de los ríos El Jute y El Naranjo. Respecto a los resultados obtenidos, tanto físicos y químicos demuestran que el agua cumple con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. El segundo servicio consistió desarrollar talleres de educación ambiental, donde la participación comunitaria educativa en la realización de talleres de educación ambiental se midió de la siguiente manera: con la participación de 286 estudiantes en cada una de las presentaciones. El servicio de desarrollo de talleres de captación, de acuerdo a los objetivos y metas trazadas inicialmente, se llevó a cabo en un 100%, siendo satisfactoria su ejecución.

La realización del presente trabajo, contó con el apoyo financiero del Proyecto del Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario –EPSUM–, y asesoría técnica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO

ANÁLISIS DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.

1.1 PRESENTACIÓN

El propósito de este diagnóstico es describir la situación en la que se encuentra el recurso hídrico superficial de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, estas se encuentran ubicadas en el municipio de La Libertad, departamento de Huehuetenango, drenando a la subcuenca del río Selegua.

Actualmente la presión ejercida por las poblaciones dentro y fuera de cada una de las microcuencas, ejercen un efecto negativo debido a la degradación de los recursos hídricos, principalmente en la calidad y cantidad del agua superficial, la cual es un suministro importante para las poblaciones incluidas en cada una de éstas áreas, afectando principalmente la parte baja, media y alta de cada una de las microcuencas.

Este estudio generó información referente al recurso hídrico superficial de las microcuencas como las problemáticas que presentan, logrando así identificar efectos y causas de éstas. Generando información básica de interés para las instituciones encargadas en cada uno de los ámbitos, básicamente las referentes a asuntos sociales, relacionados al manejo de cada una de las microcuencas, con la cual se pueda generar información para la conservación y manejo sostenible del recurso hídrico superficial de cada una de las microcuencas.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación geográfica

Las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo se encuentran ubicadas en el municipio de La Libertad del departamento de Huehuetenango, (ver figura 1).

1.2.2 Vías de acceso

La principal vía de acceso para llegar al áreas de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, es conduciendo por la carretera CA-1 que de la ciudad de Guatemala, se extiende a la Mesilla, aldea fronteriza con los Estados Unidos Mexicanos, se recorren 62 kilómetros de la cabecera, a la altura del kilómetro 308 en un lugar conocido con el nombre de El Cable está el desvío, se recorren cinco kilómetros de carretera de terracería, el acceso es por medio de terreno inclinado y curvas pronunciadas, en el recorrido se encuentran algunos centros poblados como la aldea El Trapichillo y El Jocote, los cuales pertenecen a la microcuenca del río El Jute (Vásquez 2009b).

1.2.3 Centros poblados

Los ríos El Jute y El Naranjo, poseen un aporte significativo en el recurso hídrico sobre la cabecera municipal. Las microcuencas comprenden las siguientes aldeas Cerro Grande, El Sauce y El Trapichillo, así como también los caseríos El Jocote, El Turbante, El Chipal, El Sauce y El Jute, para el río El Jute. En el caso del río El Naranjo las aldeas son El Naranjo, Huicá, Santo Domingo Huicá, El Cenegal, El Aguacate y El Rodeo, además de los caseríos El Chichicaste y Champén Ojo de Agua, los cuales ejercen un impacto negativo sobre el recurso hídrico superficial de estas microcuencas (Vásquez 2009b).

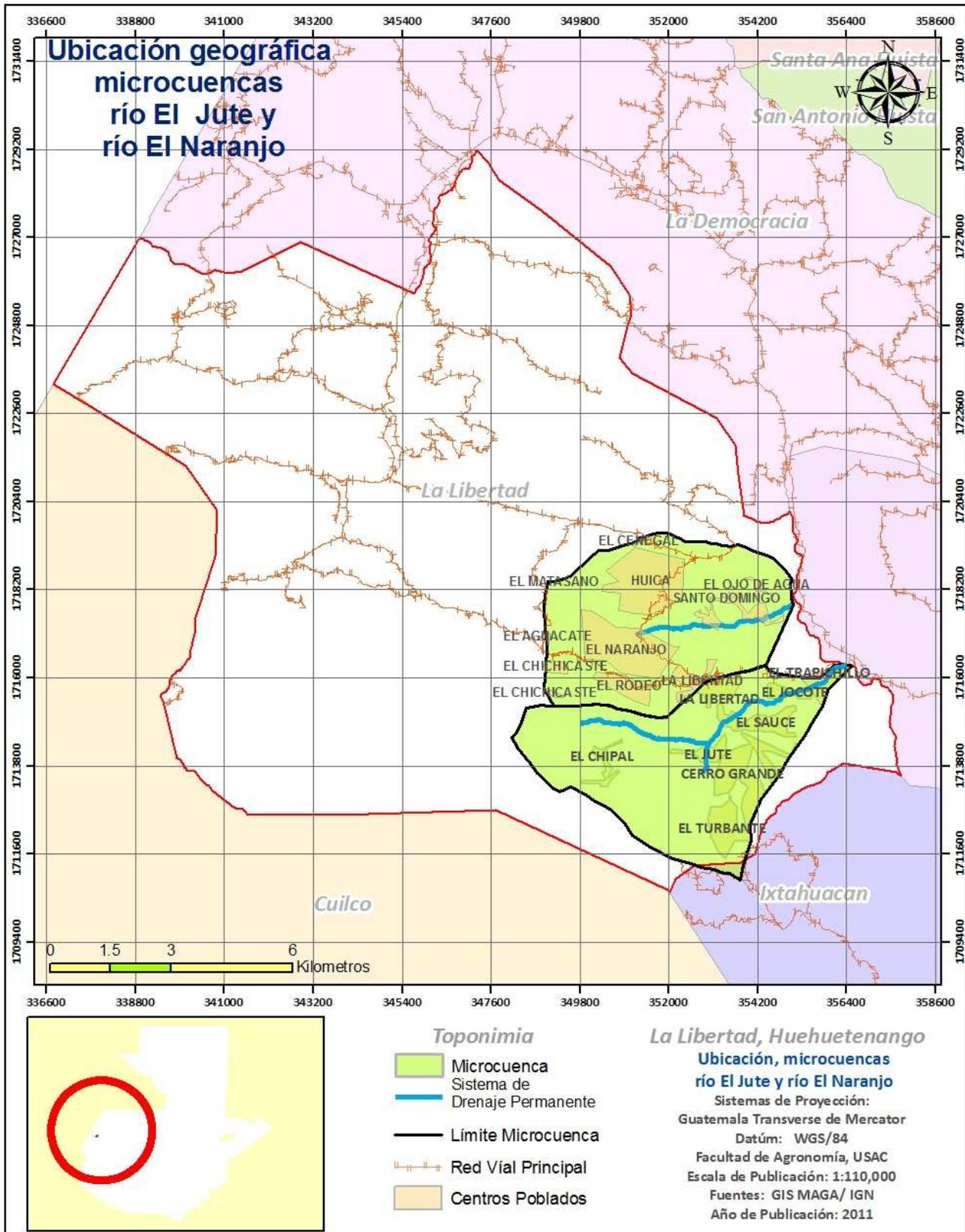


Figura 1. Ubicación geográfica de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

1.2.4 Aspectos biofísicos

1.2.4.1 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación Holdridge, el clima está asociado a la altitud sobre el nivel de mar, temperatura y la precipitación pluvial del lugar (Vásquez 2009b).

Vásquez (2009b) indica que el clima ha cambiado sustancialmente, debido a la mala administración en el uso de la tierra, aunado a esta, la tala excesiva de árboles, por consiguiente los bosques se han deteriorado y reducido en su extensión y diversidad, así como también las fuentes de aguas se han secado paulatinamente. Según Vásquez (2009b) en el área de las microcuencas se cuenta con tres tipos de zonas de vida, identificadas de la manera siguiente:

Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S (c))

- a. Altitud 500 a 1,000 metros sobre el nivel del mar.
- b. Precipitación pluvial anual: 2,000 a 4,000 milímetros.
- c. Temperatura media anual: 24 a 30 grados centígrados.

Bosque húmedo subtropical templado (bh-S (t))

- a. Altitud 1000 a 1500 metros sobre el nivel del mar.
- b. Precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,000 milímetros.
- c. Temperatura media anual: 18 a 24 grados centígrados.

Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB)

- a. Altitud mayor de 3,000 metros sobre el nivel del mar.
- b. Precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,000 milímetros.
- c. Temperatura media anual: 12 grados centígrados.

1.2.4.2 Precipitación

La precipitación pluvial es alta, consta de 1500 a 3000 milímetros en la época de invierno, de ahí su importancia puesto que se considera la región como apta para la siembra de especies forestales y cultivos permanentes (Vásquez 2009b).

1.2.4.3 Temperatura

En este aspecto las áreas donde se ubican las microcuencas son áreas templadas. Aunque existen zonas donde la temperatura varía de los 12 grados centígrados para la parte del bosque húmedo bajo subtropical, de 18 a 24 grados para las partes con clima templado y hasta 30 grados para los lugares con clima cálido. Lo que permite que dentro del límite territorial de cada una de las microcuencas se puedan cultivar diferentes variedades agrícolas como hortalizas, árboles frutales y el cultivo tradicional del café (Vásquez 2008).

1.2.4.4 Humedad relativa

Se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Para las áreas de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, esta capacidad de abastecimiento es de 66% (Vásquez 2009b).

1.2.4.5 Horas luz

Durante los meses de enero a junio es de aproximadamente hasta catorce horas y en los meses de julio a diciembre es de nueve horas. Lo que permite que en época de siembra y cosecha se cuente con más horas luz para la realización de estas actividades lo que repercute en una mejor productividad (Vásquez 2009b).

1.2.4.6 Orografía

El área de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, en su mayoría es de pendientes pronunciadas (Vásquez 2009b).

1.2.4.7 Fisiografía y geomorfología

Vásquez (2008) refiere que las condiciones del municipio de La Libertad, corresponden a tierras altas sedimentarias. Existen las cuatro clases de suelos en las áreas de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, comprendidas en calcáreo, arenoso, arcilloso y humífero. Los cuales se localizan de la siguiente forma:

- ✓ Suelos profundos, de textura pesada, moderadamente bien drenados, de color pardo. En la pendiente predomina el rango de 12 a 32%. Las especies potenciales son maíz, pastos y forestales.
- ✓ Suelos superficiales, de textura pesada, imperfectamente drenados, de color pardo en la superficie, la pendiente es mayor de 45%. Apto para bosques.

- ✓ Suelos superficiales, de textura mediana, imperfectamente drenados, de color pardo. Pendiente mayor de 45%. Vocación forestal.

Los suelos existentes en la mayor parte del municipio son de uso forestal, sin embargo durante mucho tiempo la población los ha utilizado para actividades agrícolas principalmente con cultivos tradicionales como el café, maíz, frijol y hortalizas. Puesto que esta actividad les ha proporcionado los medios necesarios para subsistencia, pero sin un orden adecuado y tecnificado (Vásquez 2008).

1.2.4.8 Hidrografía

El cauce principal de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, se encuentra comprendido por los ríos del mismo nombre. Estas dos microcuencas drenan en la cuenca del río Selegua, el cual pertenece a la vertiente del Golfo de México (Vásquez 2008).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico a nivel de reconocimiento del recurso hídrico superficial de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, como base para el desarrollo de programas de investigación y planteamientos de proyectos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado actual de los recursos hídricos superficiales.
- Priorizar la problemática actual de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, La Libertad, Huehuetenango.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología que se implementó para la realización del diagnóstico consistió principalmente en las siguientes fases:

1.4.1 Revisión bibliográfica

Se revisó diferentes documentos los cuales proporcionaron información relacionadas a las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, entre los que se puede mencionar diagnósticos anteriores pertenecientes a la municipalidad de la localidad, censos nacionales, datos poblacionales, datos del INE entre otros.

1.4.2 Reconocimiento del lugar

En esta fase se realizaron visitas de campo en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, haciendo un sondeo general de la distribución y manejo de los recursos hídricos superficiales dentro de las microcuencas, como también las áreas pobladas y de cultivo, por medio de caminamientos por las distintas áreas de interés del estudio.

1.4.3 Análisis de la información

Después de haber obtenido toda la información posible se inició con la sistematización de la información en donde se analizaron datos estadísticos, representaciones gráficas, porcentajes y la determinación de problemas actuales.

Esta información sirvió como base para la elaboración de mapas, de ubicación geográfica, mapas temáticos, en base a mapas cartográficos y los mapas generados por el Ministerio de Agricultura y Alimentación (MAGA), para Guatemala, a una escala 1:250,00, mediante la utilización de sistemas de información geográfica.

1.4.4 Priorización de problemas

Se realizó un análisis de la problemática, mediante una matriz de priorización de problemas, con la participación de las instituciones encargadas del área (Defensores de la Naturaleza) y según criterio técnico.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Recurso hídrico superficial

Las poblaciones que se encuentra dentro de la microcuenca, tanto aldeas, caseríos y pueblos, utilizan o se abastecen del agua de manantiales y ríos principales ubicados en cada una de las microcuencas. Es importante mencionar que la cabecera municipal aprovecha el agua superficial servida, para los quehaceres cotidianos y riego de cultivos.

Actualmente el agua superficial de las microcuencas se está viendo afectada por la contaminación de sus afluentes, principalmente por la interacción existente entre las poblaciones locales, de lo cual los pobladores reconocen que el agua se encuentra contaminada pero no saben a qué grado ni cuáles son los contaminantes, que afectan al recurso.



Figura 2. Recurso hídrico superficial: A) río El Naranjo y B) río El Jute.



Figura 3. Elementos contaminantes: A) río El Naranjo y B) río El Jute.

1.5.2 Recurso hídrico subterráneo

En el área de de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo existen manantiales o nacimientos de agua, éstos se encuentran básicamente en las partes medias y altas de las microcuencas, y la permanencia del caudal de los ríos en época seca, por lo que se considera que en cada una de las áreas se localizan zonas de almacenamiento de agua subterránea.

La reducción del caudal de los ríos y la pérdida de nacimientos de agua, es debido a la deforestación, incendios forestales anuales en las partes altas, lo que provoca que el recurso agua no se infiltre hacia los mantos freáticos, ocurriendo que corra como escorrentía superficial, generando una erosión del suelo en cada una de las áreas.

1.5.3 Contaminación del recurso hídrico

En las áreas de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, se pudo evidenciar que existen sectores con evidentes agentes contaminantes, que básicamente están comprendidos por basureros y vertederos de aguas mieles, producto del beneficiado del cultivo de café. Además también se pudo evidenciar la presencia de ganado vacuno en el área del manantial de la aldea El Rodeo, el cual es el principal abastecedor del servicio municipal de agua de la cabecera municipal y aldeas y poblados vecinos.

1.5.4 Matriz de priorización de problemas

La matriz de priorización de problemas se realizó con la participación de los integrantes César de León (coordinador) y Quevin Recinos (división municipal de recursos naturales) de la División Municipal de Planificación (DMP), involucrados y relacionados a los temas de estudio, empleando una calificación con rango de 1-10 para cada problemática identificada.

Cuadro 1. Matriz para la priorización de problemas relacionados al recurso hídrico superficial de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

Problemas	Pérdidas Económicas (1-10)	Daños al Ambiente (1-10)	Prioridad (TOTAL)
Contaminación del agua superficial	8	9	17
Información técnica de las microcuencas	8	6	14
Monitoreo de áreas contaminadas	7	9	16
Inventario de manantiales	7	6	13

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 1, se puede evidenciar las principales problemáticas, correspondiendo a la primera posición en priorización de problemas la contaminación del agua superficial, debido a que se encuentra afectada por la población local, por actividades que estos realizan. En el peor de los casos los pobladores por no conocer el estado del agua la consumen sin ningún tratamiento, sin embargo una parte de la población tiene el conocimiento de que este recurso se encuentra contaminado pero no tienen ningún estudio que indique cual ó cuales son las causas de la contaminación, en la figura 3 se muestran parte de las fuentes de contaminación.

En segunda posición de priorización de problemas se encuentran las áreas contaminadas dentro de las microcuencas, que ocurren principalmente en las cercanías de las corrientes, afectando el recurso hídrico y biodiversidad que se encuentran en las microcuencas, derivados básicamente por parte de la población local, debido a que no existen sistemas efectivos en la recolección de desechos.

En tercera posición se encuentra la generación de información de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo (morfometría, hidrometría, usos del agua, escorrentía), debido a

que este es un tema desconocido en la municipalidad de La Libertad, Huehuetenango, para el caso de estas dos microcuencas.

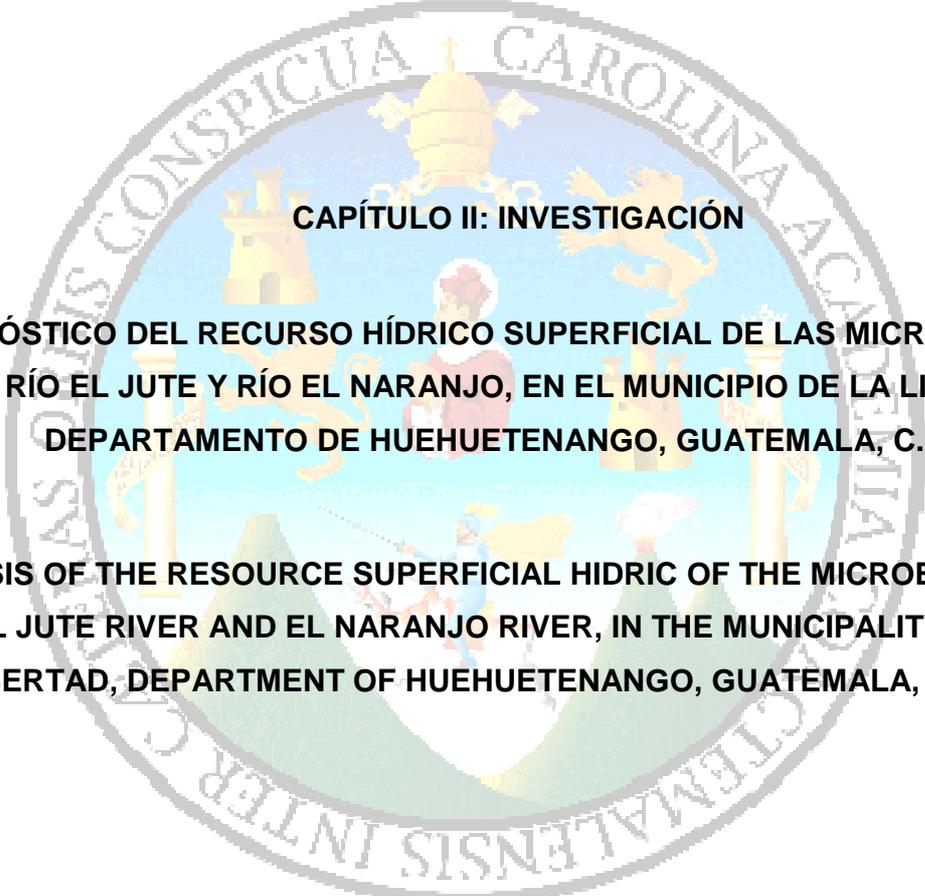
Por último, interesa conocer la cantidad y la ubicación de manantiales en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, debido a que estas poseen un gran impacto en la cabecera municipal, por el motivo de ser limítrofe de las dos microcuencas, y el recurso hídrico es aprovechado para el consumo.

1.6 CONCLUSIONES

- El recurso hídrico superficial en cada una de las áreas se encuentra en una buena disposición en cuanto a cantidad, principalmente por la alta cantidad de nacimientos de agua existentes en la parte media y alta de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, pero presenta problemas de contaminación por las comunidades locales dentro de las microcuencas, básicamente porque no existe un sistema efectivo en la recolección de desechos, ni soluciones para el problema de la cantidad de aguas mieles vertidas en estas áreas.
- La principal problemática encontrada en el área, se concentra básicamente en la contaminación del agua superficial, debido a que esta se utiliza por los pobladores de cada una de las microcuencas para atender sus actividades (domésticas y agrícolas). Luego se encuentran los monitoreos de las áreas contaminadas, seguido por la información técnica referentes a las microcuencas. Por último se tiene la problemática, de que se desconoce la cantidad y la ubicación de manantiales en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Cuadros de población del censo nacional XI de población y VI de habitación de la republica de Guatemala. Guatemala. 1 CD.
2. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1999. Primera aproximación del mapa de clasificación taxonómica de los suelos de Guatemala: memoria técnica (en línea). Guatemala. Consultado 21 mar 2010. Disponible en <http://www.maga.gob.gt/sig>
3. _____. 2001a. Mapa fisiográfico geomorfológico de la republica de Guatemala: memoria técnica (en línea). Guatemala. Consultado 22 mar 2010. Disponible en <http://www.maga.gob.gt/sig>
4. _____. 2001b. Mapas temáticos digitales de la republica de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. 1 CD.
5. Vásquez, J. 2008. Datos de la Muni-guía, del municipio de La Libertad, Huehuetenango. La Libertad, Huehuetenango, Guatemala, Municipalidad de La Libertad, Oficina Municipal de Planificación. 52 p.
6. Vásquez, J. 2009a. Acuerdos municipales. La Libertad, Huehuetenango, Guatemala, Municipalidad de La Libertad, Oficina Municipal de Planificación. 48 p.
7. Vásquez, J. 2009b. Monografía del municipio de La Libertad, Huehuetenango. La Libertad, Huehuetenango, Guatemala, Municipalidad de La Libertad, Oficina Municipal de Planificación. 110 p.



CAPÍTULO II: INVESTIGACIÓN

**DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LAS MICROCUENCAS
DEL RÍO EL JUTE Y RÍO EL NARANJO, EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD,
DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.**

**DIAGNOSIS OF THE RESOURCE SUPERFICIAL HIDRIC OF THE MICROBASINS OF
THE EL JUTE RIVER AND EL NARANJO RIVER, IN THE MUNICIPALITY OF LA
LIBERTAD, DEPARTMENT OF HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.**

2.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años diferentes instituciones a nivel nacional, se han preocupado por problemas derivados de la mala utilización de los recursos naturales. Los recursos que principalmente se encuentran afectados son suelo y agua.

En nuestro país la presión sobre el recurso hídrico derivado de diferentes problemas, como la pérdida de la cobertura vegetal y suelo, en áreas de captación hidrológica, se encuentra manifestado cuando los manantiales se pierden y se reduce el régimen del caudal de los ríos.

Esta investigación generó información básica sobre la morfometría, la cantidad y calidad de agua comprendida en las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, por medio de distintas metodologías que permitieron conocer los aspectos de los anteriores elementos mencionados. Además es necesario mencionar que el presente estudio, es parte de las actividades del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, llevándose a cabo en el municipio de La Libertad, departamento de Huehuetenango, realizado de febrero a diciembre de 2010.

Debido al mal manejo inadecuado del recurso hídrico que los habitantes le dan a éste, el agua va contaminándose aceleradamente, según los resultados obtenidos en los distintos análisis de la calidad del recurso, enfatizando en los microbiológicos. De igual forma, el principal manantial ubicado en la aldea El Rodeo, el cual es abastecedor del servicio municipal de agua de la cabecera, presenta invasión de ganado, generando la contaminación del recurso.

Una de las principales metas es que esta información pueda servir posteriormente en el planteamiento de posibles estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos hidrográficos en estas dos microcuencas.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad en Guatemala, se ha generado muy poca información para establecer planes de manejo de recursos hídricos así también la relación existente con el clima, suelos y diferentes especies asociadas al recurso forestal. La degradación de los recursos hídricos de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo por parte de las poblaciones que se encuentran dentro y fuera de las mismas, están provocando problemas ambientales, que afectan la calidad y cantidad del agua superficial, así como en otros recursos naturales.

Una de las principales problemáticas es el poco conocimiento acerca del recurso hídrico, el cual repercute en que no se pueda aprovechar de buena manera el recurso. Sin embargo se estima por parte de las autoridades municipales que la degradación de los recursos naturales, especialmente del recurso hídrico de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, por parte de las poblaciones está provocando problemas ambientales, que influyen en la calidad y cantidad del agua, y por la falta de un plan de manejo en las dos microcuencas no existe sostenibilidad, para aprovechar el recurso hídrico aportado por los ríos El Jute y El Naranjo.

Las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo como fuente principal del recurso hídrico de la cabecera municipal de La Libertad, Huehuetenango, poseen un potencial importante debido a la cantidad de agua que pueden aportar al ser bien empleadas, pero a causa de que no se ha generado información básica sobre las microcuencas, la cantidad y calidad de agua dentro de las mismas.

Una de las principales causas por las que se desconoce información sobre este recurso, en las microcuencas mencionadas con anterioridad, es que no se han efectuado estudios en el área de interés. Uno de los fines principales es que la información generada en este estudio pueda servir para el planteamiento de estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos dentro de cada una de las microcuencas.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Marco conceptual

2.3.1.1 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano, vuelve a él después de pasar por las etapas de precipitación y escorrentía superficial o subterránea. A lo largo del ciclo, existen múltiples circuitos cortos o ciclos menores. También hay que tener en cuenta que el movimiento del agua en el ciclo hidrológico, se caracteriza por la irregularidad, tanto en el espacio como en el tiempo (CATIE 1993).

Las fases principales del ciclo hidrológico son:

- ✓ Evaporación del suelo, plantas y océano.
- ✓ Formación y desplazamiento de nubes y niebla.
- ✓ Condensación del agua y precipitación en forma de lluvia, granizo, entre otros.
- ✓ Escorrentía superficial, sobre el suelo.
- ✓ Infiltración, en el perfil del suelo.
- ✓ Percolación a estratos más profundos.
- ✓ Flujo subterráneo y retorno a la superficie (manantiales y pozos).
- ✓ Formación de corrientes superficiales como ríos y arroyos.
- ✓ Descarga en lagos, océanos y mares.
- ✓ Evaporación y se repite el ciclo.

2.3.1.2 Cuenca hidrográfica

Cuenca hidrográfica es el territorio en que las aguas convergen hacia los puntos más bajos de la superficie del mismo se unen en una corriente resultante o río principal que las evade un lago, mar y océano. Sus límites suelen coincidir con línea de cimas que marca la divisoria de las aguas entre vertientes (Herrera 1995).

La cuenca hidrográfica se concibe como un sistema natural dinámico compuesto de elementos biológicos, físicos y antrópicos que reaccionan dialécticamente entre sí, creando por lo tanto un conjunto único e inseparable en permanente cambio. Esto fundamentalmente nos ha conducido a entender que la cuenca hidrográfica puede

distinguirse bajo dos marcos principales: Un Marco Biofísico que la define conceptualmente como tal, y, un Marco Político referido fundamentalmente a su Manejo, Rehabilitación y Ordenamiento (CATIE 1993).

2.3.1.2.1 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).

Según Ramakrishna, B., citado por Gil, E., 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 periodo de tiempo significativo, en forma de las actividades humanas a que están sometidos (Gil 2008).

2.3.1.2.2 Parte aguas

El parte aguas se define como la línea divisoria entre cuencas que corresponde igualmente límite de una cuenca, es decir, son partes que poseen la mayor cota en una cuenca. También se dice, que es la extensión comprendida entre dos valles próximos, que comprende por lo tanto, la línea que separa a dos vertientes pertenecientes a dos valles distintos (Herrera 1995).

Línea divisoria o parte aguas, es la línea divisoria entre cuencas, sub-cuencas o microcuencas y no es más que los límites determinados por las partes más altas del área y que separan la dirección del flujo de la escorrentía superficial. Esta definición se aplica a cuencas hidrográficas, ya que para las cuencas hidrogeológicas, el parte aguas está determinado por las formaciones geológicas (Custodio, E., Llamas 2001).

2.3.1.2.3 Tipos de corrientes

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

- ✓ **Permanente:** Es aquella que siempre lleva agua o tiene un caudal cualquier época del año.
- ✓ **Intermitente:** Es aquella clase de corriente que lleva agua en alguna época del año, como en verano o invierno.
- ✓ **Efímera:** Es aquella que solo lleva agua cuando ocurre u precipitación, corriente típica de zanjones y surcos.

Las corrientes permanentes e intermitentes aparecen marcadas en las hojas cartográficas a diferencia de las corrientes efímeras que tienen que ser determinadas (Herrera 1995).

2.3.1.2.4 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 (Herrera 1995).

2.3.1.3 Aspectos morfométricos

A continuación se describen conceptos morfométricos, los cuales fueron tomados del manual de Hidrológica de Herrera Ibáñez. Estos se encuentran enumerados de acuerdo al orden de determinación de cada parámetro considerado según la metodología considerada en el manual (Herrera 1995).

2.3.1.4 Aspectos lineales de la microcuenca

A. Orden de corrientes

El número de orden de un río, es una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica. Un río de primer orden es un tributario pequeño sin ramificaciones. Un río de segundo orden es uno que posee únicamente ramificaciones de primer orden. Un río de tercer orden es uno que posee solamente ramificaciones de primero y segundo orden y así sucesivamente. El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal y este, es extremadamente sensitivo a la escala del mapa utilizado (Herrera 1995).

B. Grafica 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. La gráfica se plotea en papel semi logarítmico colocando en el eje de las abcisas "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 1995).

Donde:

Nu = Número de corrientes de orden u.

u = Orden de una corriente.

C. Longitud media de corrientes

Es el indicador de pendientes de tal cuenta que las microcuencas corrientes con longitudes cortas reflejan pendientes muy escapadas y las microcuencas con longitudes largas van a reflejar pendientes suaves o planos (Herrera 1995).

Lu = Longitud acumulada de corrientes de orden u

Un

D. Grafica log Lu vrs u

Debe ser una relación de sentido positivo, donde la grafica 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 1995).

2.3.1.4.1 Aspectos de superficie

A. Área de la cuenca (Ak)

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 1995).

B. Relación de forma (Rf)

La forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo. La mayoría de las cuencas tienden a tener la forma de una pera; sin

embargo, los controles geológicos conducen a numerosas variaciones a partir de esta forma. Horton citado por Herrera Ibáñez (Herrera 1995), sugirió un factor adimensional de forma "Rf" como índice de la forma de una cuenca según la ecuación:

$$Rf = \frac{A_k}{L_c^2}$$

Donde:

A_k = Área de las microcuencas en estudio.

L_c = Longitud del cauce principal, medida desde el nacimiento del cauce hasta la salida en las microcuencas (puntos de aforo).

Se tienen valores diferentes de relaciones de forma, según forma geométrica de la cuenca, donde para un círculo es de 0.73; para un cuadrado, con la salida en el punto medio de uno de los 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 1995).

C. 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 la infiltración y la escorrentía, es decir, de las condiciones de permeabilidad de acuerdo a la textura del suelo (Herrera 1995).

Por densidad de drenaje se entiende la mayor o menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas provenientes de las 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 1995).

$$D = \frac{L_a}{A_k} = \frac{Km}{Km^2}$$

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 1995).

D. 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 1995).

$$F_c = \frac{N_{tc}}{A_k}$$

Ak

Donde:

Ntc = Número total de corrientes.

Ak = Área de la cuenca, en km²

2.3.1.4.2 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 entonces buscar un coeficiente que caracterice el relieve de la cuenca. Por lo tanto los aspectos de relieve, se refieren al comportamiento altitudinal tanto lineal y de superficie de la cuenca (Herrera 1995).

A. Pendiente media de la cuenca (Sc)

Dada la variación considerable de la 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. Este aspecto, tiene una relación importante con la infiltración, el

escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea (Herrera 1995).

i. Método de Alvord (Herrera 1995)

$$Sc = \frac{D * L}{Ak} * 100$$

ii. Método de Horton (Herrera 1995)

Es el llamado método de la cuadrícula, donde se tiene que establecer una cuadrícula en el sentido "Y" y una en sentido "X", de la cuenca, ya que la pendiente de la cuenca es igual al promedio de las dos:

$$Sc = \frac{Sx + Sy}{2} * 100$$

$$Sx = \frac{Nx * D}{Lx}$$

$$Sy = \frac{Ny * D}{Ly}$$

Donde:

Nx = Número total de intersecciones en "x".

Ny = Número total de intersecciones en "y".

Lx = Longitud total de la cuadrícula "x".

Ly = Longitud total de la cuadrícula "y".

D = Intervalo entre curvas.

Cuadro 2. Tabla de simbología utilizada para la caracterización del relieve.

SIMBOLOGÍA UTILIZADA PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE			
Pendientes Medias	Relieve	Símbolo	Color
0 - 12%	Suave	P1	Amarillo
12 - 25%	Moderado	P2	Anaranjado
25 - 50%	Pronunciado	P3	Rosado
50 - 75%	Muy pronunciado	P4	Marrón claro
Mayor de 75%	Escarpado	P5	Marrón oscuro

Fuente: Herrera 1995.

B. Pendiente del canal ó 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 1995).

i. Método analítico (Herrera 1995)

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

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

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.

ii. Método gráfico

Por lo general para la pendiente equivalente del canal sólo se considera la pendiente del cauce principal; para lo cual hay que construir una gráfica que representa el perfil longitudinal del cauce principal para encontrar la pendiente del mismo. Y está gráfica se construye, colocando en el eje las abscisas la distancia horizontal y en el eje las ordenadas la elevación de la cuenca en metros sobre el nivel del mar (Herrera 1995).

A. 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 1995).

i. 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 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 en 20 m, 50 en 50 m, 100 en 100 m o 200 en 200m, según la escala del mapa utilizado; y se mide el área entre estos contornos, y 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 1995).

2.3.1.5 Aspectos del recurso hídrico

2.3.1.5.1 Recurso hídrico

Se recomienda realizar un estudio de cursos de agua, cuerpos de agua, uso actual del recurso, calidad de agua y uso potencial del recurso. Este aspecto es de mucha importancia en lo que se refiere al manejo de cuencas, se deben contemplar dos características fundamentales que son: la cantidad y la calidad disponible de agua en la cuenca (MAGA, UNOR 1999).

2.3.1.5.2 Disponibilidad de la cantidad de agua

Debe ser suficiente para satisfacer las necesidades de los distintos proyectos a emprender o para impulsar medidas que tiendan a aprovechar mejor el recurso (aplicación de distintas técnicas de cosecha y aprovechamiento de agua de lluvia), entre otras (MAGA 2001).

2.3.1.5.3 Métodos de aforo

Los métodos prácticos de aplicación más frecuentes son (Herrera 1995):

- a. Método Volumétrico.
- b. Medidor Parshall.
- c. Método de Vertederos y orificios.
- d. Método de Sección-Velocidad, calculando la velocidad con:
 - ✓ Flotador
 - ✓ Molinete

i. Método volumétrico

Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de modo preciso. Consiste esencialmente en hacer desembocar la corriente en un depósito impermeable y cuyas pérdidas por evaporación y filtración puedan valorarse con certidumbre (Herrera 1995).

En forma general podemos indicar que el método de aforo volumétrico, consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito (Herrera 1995).

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \text{m}^3/\text{s} \text{ o litros/s}$$

Tiempo

ii. Medidor Parshall

Este método consiste en realizar aforos de canales y pequeños ríos, se recomienda para canales de riego de poca pendiente, en drenes, donde no es conveniente instalar estructuras como vertederos que alteren el régimen del escurrimiento (Herrera 1995).

iii. Método de vertederos y orificios

Consiste esencialmente en interponer un tabique ante una corriente de manera que se dé una caída de agua que pase a través de una sección predeterminada. Conociendo las características del vertedero o del orificio que se engloban en el factor (determinado experimentalmente), la sección de la lámina de agua que pasa por ellos y la velocidad teórica de caída libre, obteniendo un caudal (Herrera 1995).

iv. Método de sección - velocidad

En este método se determinan separadamente la sección transversal (área) del cauce y la velocidad del agua; la sección se determina por medio de sondeos o algún otro procedimiento topográfico y la velocidad por cualquiera de los métodos con molinete, flotador o pendiente hidráulica (Herrera 1995).

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

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

Cuadro 3. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.

ANCHO DEL CAUCE (m)		Espaciamiento (m)
Límite Inferior	Límite Superior	
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 1995.

2.3.1.5.4 Calidad de agua

La calidad del agua natural depende fundamentalmente de su contenido en materiales disueltos o dispersos que se ponen en contacto con ella por interacción con su entorno ecológico a través de los ciclos biológicos no alterados antropogénicamente, por lo tanto

no existe un patrón universal de calidad natural debido a que los componentes físicos, químicos y biológicos del entorno constituyen factores de variabilidad (Fuentes, 2005).

Sin embargo, existen indicadores físicos, químicos y biológicos que permiten establecer cuando un cuerpo de agua se aleja de las condiciones normales que sus propios ecosistemas definen. Se deben considerar tres aspectos fundamentales (Fuentes 2005):

A. 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 (MAGA 2001).

B. Características químicas

Se refiere al contenido de sales, metales u otro elemento o sustancia química, que sea limitante para su uso doméstico o en la agricultura (MAGA 2001).

C. Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos que se analizan son los siguientes:

i. pH

Está relacionado con la acidez o alcalinidad de un vertido. No es medida lineal o directa de estas, pero puede usarse como controlador de acidez o alcalinidad excesiva. Describe la concentración del ión H^+ , representado por el logaritmo de su inversa. Valores extremos de pH pueden causar la muerte rápida de los peces, alteraciones drásticas en la flora y la fauna, y reacciones peligrosas secundarias (cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.). El pH debe mantenerse dentro de un rango normal para la vida biológica, entre 6.5 – 8.0 (Fuentes 2005).

ii. Conductividad eléctrica

Es la concentración de iones asociados formando sales en disolución (Fuentes 2005).

iii. Sólidos totales disueltos

Pueden ser arenas, grasa, aceite, alquitrán y trozos de restos de animales y vegetales, que pueden ser biodegradables lenta o rápidamente. Son importantes por razones estéticas y debido a que conducen al desarrollo de depósitos de lodos y condiciones

anaeróbicas. Sus depósitos afectan la vida acuática, sobre todo de organismos bénticos y si son orgánicos, pueden sustraer oxígeno de la zona (en ocasiones con gran déficit, sobre todo por estratificación). Además de efectos tóxicos por su composición (solución de agua) pueden matar peces y moluscos por abrasión (Fuentes 2005).

iv. Nitritos

El ión nitrito (NO_2^-) es encontrado en las aguas como un estado de oxidación intermedio del nitrógeno. Su estabilidad química esta en un rango estrecho de pH. Este es raramente encontrarlo en agua de tomar en concentraciones superiores a los 0.1 mg/L (Álvarez 2004).

v. Nitratos

El nitrato es uno de los aniones principales en las aguas naturales, pero sus concentraciones pueden ser elevadas gradualmente debido al lixiviado del nitrógeno proveniente de abonos agrícolas, de lotes alimentarios o de fosas sépticas (Letterman 2002).

vi. Amoniac

El amoniaco gaseoso es extremadamente soluble en agua, y reacciona con ella para formar NH_4^+ y OH^- ; a un pH alto, el amoniaco gaseoso libre está en la forma no ionizada (Plaster 2000).

vii. Amonio

El amonio (NH_4^+) es nitrógeno mineralizado a iones, que puede ser absorbido por las plantas para el crecimiento (Plaster 2000).

2.3.1.6 Balance hidrológico

La información sobre los excedentes de agua y la cantidad por la cual la precipitación excede las necesidades de humedad cuando el suelo está en su capacidad de campo, es fundamental en todo estudio hidrológico (Padilla 2002).

La ecuación fundamental de la hidrología puede aplicarse al establecimiento del balance hidrológico de una región. Está aplicación requiere la selección de un período de tiempo bien definido., se pueden identificar los elementos del balance (Padilla 2002):

$$\text{Entradas} - \text{salidas} = + \text{Cambio en el almacenamiento}$$

La información obtenida en la determinación del balance hídrico es de buena utilidad en muchos campos de la investigación. Por ejemplo el conocimiento del déficit de humedad es primordial para comprender la factibilidad de irrigación, ya que provee información sobre el volumen total de agua necesaria en cualquier época del año y entrega un valor importante sobre la sequedad (Padilla 2002).

El método de balance hídrico tiene las siguientes características:

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

La recarga hídrica natural se puede estimar y comprobar en base al balance hidrológico, ya que integra los valores en los cuales se divide la precipitación que cae sobre una determinada zona (Padilla 2002).

Los componentes básicos para la estimación de la recarga, a través del balance hidrológico, considerando que no existe aporte lateral, son: precipitación pluvial, evapotranspiración, infiltración y escorrentía superficial (Padilla 2002).

2.3.1.7 Fotogrametría y sistemas de información geográfica

2.3.1.7.1 Fotogrametría y fotointerpretación

La fotogrametría es la ciencia que toma medidas a través de fotografías y otros tipos de imágenes para realizar mapas físicos, inclusive los mapas topográficos. Las fotografías utilizan usualmente fotografías tomadas por cámaras especiales desde un avión, aunque también pueden utilizarse imágenes tomadas desde una nave espacial. Las distorsiones de la fotografía se corrigen utilizando un aparato denominado restituidor fotogramétrico. Este proyector crea una imagen tridimensional al combinar las fotografías superpuestas

del mismo terreno tomadas desde ángulos diferentes. Los límites, las carreteras y otros elementos se trazan a partir de una imagen tridimensional para formar una base a partir de la cual se realizara el mapa (IGN 2003).

2.3.1.7.2 Sistemas de información geográfica

Se entiende por sistema de información geográfica al sistema de información asistido por la computadora para ingresar, manipular y desplegar datos espaciales, cuyo objetivo es tener: ubicación espacial del problema en estudio, un sistema normal de recolección de datos, información organizada, información actualizada, información instantánea, representación grafica del problema y permitir modelos complejos (Santos 2005).

Sistemas de información geográfico (SIG) se puede definir como un instrumento para crear y actualizar mapas, es decir que constituye una técnica para combinar e interpretar mapas (Santos 2005).

2.3.2 Marco Referencial

2.3.2.1 Localización geográfica

Las áreas comprendidas por las microcuencas de los ríos El Jute y río El Naranjo, tienen una influencia significativa sobre la cabecera municipal; las microcuencas comprenden las siguientes aldeas Cerro Grande, El Sauce y El Trapichillo, así como también los caseríos El Jocote, El Turbante, El Chipal, El Sauce y El Jute, para el río El Jute. En el caso del río El Naranjo las aldeas son El Naranjo, Huicá, Santo Domingo Huicá, El Cenegal, El Aguacate y El Rodeo, además de los caseríos El Chichicaste y Champén Ojo de Agua.

2.3.2.2 Vías de acceso

Acceso inmediato a una carretera internacional CA -1 Occ, que se encuentra a 5Km de la cabecera municipal, en el lugar se poseen caminos de terracería, 5 Poblaciones que disponen de terracería parcial complemento herradura (35%), 11 Poblaciones que solo poseen caminos de herradura o brechas rústicas (21%).

2.3.2.3 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación Holdridge, el clima está asociado a la altitud sobre el nivel de mar, temperatura y la precipitación pluvial del lugar.

El clima ha cambiado sustancialmente, debido a la mala administración en el uso de la tierra, aunado a esta la tala excesiva de árboles, por consiguiente los bosques se han deteriorado y reducido en su extensión y diversidad, así como también las fuentes de aguas se han secado paulatinamente. En el área de las microcuencas se cuenta con tres tipos de zonas de vida, identificadas de la manera siguiente:

Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S (c))

- a. Altitud 500 a 1,000 metros sobre el nivel del mar.
- b. Precipitación pluvial anual: 2,000 a 4,000 milímetros.
- c. Temperatura media anual: 24 a 30 grados centígrados.

Bosque húmedo subtropical templado (bh-S (t))

- a. Altitud 1000 a 1500 metros sobre el nivel del mar.
- b. Precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,000 milímetros.

- c. Temperatura media anual: 18 a 24 grados centígrados.

Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MB)

- a. Altitud mayor de 3,000 metros sobre el nivel del mar.
- b. Precipitación pluvial anual: 1,000 a 2,000 milímetros.
- c. Temperatura media anual: 12 grados centígrados.

2.3.2.4 Precipitación

La precipitación pluvial es alta en la época de invierno, de ahí su importancia puesto que se considera la región como apta para la siembra de especies forestales y cultivos permanentes.

2.3.2.5 Temperatura

En este aspecto las áreas donde se ubican las microcuencas son áreas templadas. Aunque existen zonas donde la temperatura varía de los 12 grados centígrados para la parte del bosque húmedo bajo subtropical, de 18 a 24 grados para las partes con clima templado y hasta 30 grados para los lugares con clima cálido. Lo que permite que dentro del límite territorial de cada una de las microcuencas se puedan cultivar diferentes variedades agrícolas como hortalizas, árboles frutales y cultivos tradicionales.

2.3.2.6 Humedad relativa

Se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Para las áreas de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, esta capacidad de abastecimiento es baja.

2.3.2.7 Horas luz

Durante los meses de enero a junio es de diez horas y en los meses de julio a diciembre es de nueve horas. Lo que permite que en época de siembra y cosecha se cuente con más horas luz para la realización de estas actividades lo que repercute en una mejor productividad.

2.3.2.8 Orografía

El área de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, en su mayoría es de pendientes pronunciadas.

2.3.2.9 Fisiografía y geomorfología

Las condiciones del municipio de La Libertad, corresponden a tierras altas sedimentarias. Existen las cuatro clases de suelos en las áreas de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, comprendidas en calcáreo, arenoso, arcilloso y húmico. Los cuales se localizan de la siguiente forma:

- ✓ Suelos profundos, de textura pesada, moderadamente bien drenados, de color pardo. En la pendiente predomina el rango de 12 a 32%. Las especies potenciales son maíz, pastos y forestales.
- ✓ Suelos superficiales, de textura pesada, imperfectamente drenados, de color pardo en la superficie, la pendiente es mayor de 45%. Apto para bosques.
- ✓ Suelos superficiales, de textura mediana, imperfectamente drenados, de color pardo. Pendiente mayor de 45%. Vocación forestal.

Los suelos existentes en la mayor parte del municipio son de uso forestal, sin embargo durante mucho tiempo la población los ha utilizado para actividades agrícolas principalmente con cultivos tradicionales como el café, maíz, frijol y hortalizas. Puesto que esta actividad les ha proporcionado los medios necesarios para subsistencia, pero sin un orden adecuado y tecnificado.

2.3.2.10 Hidrografía

El cauce principal de las microcuencas del río El Jute y del río El Naranjo, se encuentra comprendido por los ríos del mismo nombre. Estas dos microcuencas drenan en la cuenca del río Selegua, el cual pertenece a la vertiente del Golfo de México.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivos generales

Caracterización del recurso hídrico en las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, departamento de Huehuetenango.

2.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar los aspectos morfométricos de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

- ✓ Determinar la situación de la calidad del recurso hídrico de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

- ✓ Realizar el balance hidrológico de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

- ✓ Determinar la demanda de agua para uso doméstico y uso agrícola de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

- ✓ Identificar las zonas con riesgo de contaminación dentro de las áreas de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Recurso hídrico

La siguiente metodología se empleó en el cumplimiento del objetivo para poder determinar los aspectos de la caracterización de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

2.5.1.1 Recopilación de información secundaria

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

- ✓ Visita de centros de documentación (CEDIA).
- ✓ Consulta de mapas topográficos y temáticos.
- ✓ Consulta con instituciones que trabajen en el área.
- ✓ Información digital existente (páginas Web).

2.5.1.2 Recurso hídrico

Se empleó la siguiente metodología en el cumplimiento del objetivo de poder determinar los aspectos morfométricos de de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

2.5.1.3 Morfometría de las microcuencas

En este componente se consideran los aspectos lineales, superficiales y de relieve de las microcuencas.

2.5.1.3.1 Delimitación de las microcuencas

Por medio de las hojas cartográficas La Democracia y Cuilco, se realizó la delimitación de las microcuencas del río El Jute y El Naranjo, ubicando los puntos más altos, los cuales corresponden a los parte aguas de estas áreas.

2.5.1.3.2 Aspectos lineales

A. Perímetro de las microcuencas

Consistió en establecer la longitud del perímetro de las microcuencas delimitada, lo cual se realiza por medio del programa Arc Gis 9.3.

B. Clases de corrientes

- Permanentes (definidas en el mapa).
- Intermitentes (definidas en el mapa).
- Efímeras (trazarlas de acuerdo a las curvas de nivel).

C. Orden de corrientes

Utilizando fotografías aéreas demuestra la existencia de un buen número de cauces de orden inferior (en general cárcavas zanjas y otros canales intermitentes), siendo más preciso.

D. Gráfica Log Nu_ vrs u

Con la asistencia del programa de MS Office Excel, se procedió a plotear el Logaritmo del número de corrientes del orden “u” en el eje de las ordenadas y siendo “Nu” el orden de la corriente que se colocó en el eje de las abscisas.

E. Radio de bifurcación medio

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

Donde:

Nu = Número de corrientes de orden u.

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

i = Número de relaciones. i = 1...n

i=n

$\sum R_{bi}$

i=1

Rb = n

F. Longitud media de corrientes (Lu)

Se determinó indicando las pendientes de tal cuenta que las microcuencas corrientes con longitudes cortas reflejan pendientes muy escapadas y las microcuencas con longitudes largas van a reflejar pendientes suaves o planos.

G. Gráfica log Lu vrs u

Se colocó en el eje las abscisas u (orden de corrientes) y en el eje de las ordena Log Lū (Longitud media de corrientes), con la utilización de MS Excel.

H. Radio de longitud medio (RL)

$$RL = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [Lu / L (\bar{u} - i) * i]}{n}$$

I. Longitud acumulada de corrientes (La)

$$La = \sum_{i=1}^{i=n} Lu * Nu$$

Donde:

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.

2.5.1.3.3 Aspectos de superficie

A. Áreas de las microcuencas (Ak)

El área de las microcuencas se calculó por medio del programa Arc Gis 9.3.

2.5.1.3.4 Forma de las microcuencas

A. Relación de forma (Rf)

Se determinó por medio de la ecuación propuesta por Horton (1945), en donde sugiere un factor adimensional:

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

Donde:

Ak = Área de las microcuencas en estudio.

Lc = Longitud del cauce principal, medida desde el nacimiento del cauce hasta la salida en las microcuencas (puntos de aforo).

B. Relación circular (Rc)

Se determinó con la siguiente fórmula:

$$Rc = \frac{A_k}{A_c}$$

Donde:

Ak = Área de las microcuencas en estudio.

Ac = Área de un círculo de perímetro igual al de las microcuencas.

C. Radio de elongación (Re)

$$Re = \frac{\emptyset CA}{Lc}$$

Donde:

$\emptyset CA$ = diámetro de un círculo de área igual al de la microcuenca.

Lc = Longitud del cauce principal

D. Densidad del drenaje (D)

Este dato es una relación entre infiltración y escorrentía, es decir las condiciones permeables del suelo de acuerdo a la textura del suelo.

$$D = \frac{Lc}{Ak} \text{ Km/km}^2$$

Donde:

Lc = Longitud acumuladas de las corrientes.

Ak = Área de las microcuencas.

E. Frecuencia de 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, y se sacará de la siguiente manera:

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

Donde:

Ntc = número total de corrientes.

Ak = Área de la microcuenca.

2.5.1.3.5 Aspectos de relieve

Las consideraciones a tomar para este aspecto corresponden a pendiente media de la microcuenca, pendiente del canal o cauce principal y elevación media de la microcuenca. De acuerdo a los aspectos morfométricos de la microcuenca.

A. Pendiente media de las microcuencas (Sc)

Se calculará por medio del método de Alvord.

$$Sc = \frac{D * L}{Ak}$$

Donde:

D = Diferencia vertical entre curvas de nivel.

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

Ak = Área de la microcuenca.

Este aspecto, tiene una relación importante con la infiltración, el escurrimiento, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea.

B. Pendiente del canal o cauce principal (Sc)

Se utilizará el método analítico para la determinación de la pendiente.

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

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)

Este aspecto se determinó mediante el método de la curva hipsométrica. La curva hipsométrica se construirá determinando el área entre contornos de curvas a nivel a cada 100 m, por medio del programa de digitalización R2V, Posteriormente, se realizará una

gráfica en Excel donde se plotearon los porcentajes de área en el eje “X” y en el eje “Y” se plotearon los valores de la elevación.

D. Coeficiente de relieve (Rh)

Se determinó mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$Rh = \frac{\Delta h}{100 * Ltc}$$

Donde:

Δh = Diferencia de elevación entre el punto correspondiente a la estación de aforo y el punto más alto en el perímetro de las microcuencas.

Ltc= Longitud total de las curvas dentro de cada una de las microcuencas.

2.5.2 Reconocimiento de áreas

Se realizaron recorridos de campo, por los distintos senderos y caminos que se encuentren dentro del área, principalmente para definir los límites de cada una de las microcuencas.

2.5.2.1 Hidrografía

La hidrografía se obtuvo llevando a cabo un mapa de corrientes.

2.5.2.2 Hidrometría

Aforos de las corrientes principales hasta su desembocadura, con la finalidad de obtener el valor del caudal (m^3/s) y las características de ancho y profundidad del perfil, así como la influencia o afluencia del cauce. El método a utilizar para el aforo será el de sección-velocidad por flotadores, en donde se seccionara transversalmente el cauce y se medirá la velocidad del agua.

2.5.2.2.1 Ubicación de puntos de aforo

Se establecieron distintos puntos de aforo, los cuales se ubicarán con la ayuda de las hojas cartográficas La Democracia (1862 IV) y Cuilco (182 III), definiendo los lugares para los aforos. Estos estarán situados de acuerdo a la accesibilidad del área, tanto en época seca, como en época lluviosa para la realización de aforos.

2.5.2.3 Método de sección – velocidad

En este método se determinaron separadamente la sección transversal del cauce y la velocidad del agua de tal manera que el caudal del río estará dado de la siguiente forma:

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

2.5.3 Determinación del área de la sección

El método para determinar el área de la sección, depende de las condiciones del cauce. Si el cauce es estable, el área se determinará por medio de un estadal; determinando las áreas correspondientes a cada nivel del agua con el fin de obtener una tabla de altura de escala-áreas.

2.5.4 Calidad de agua

Para poder determinar la situación de la calidad del recurso hídrico de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango, se empleó la metodología que se cita a continuación.

2.5.4.1 Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua

Los puntos de muestreo para el análisis de calidad de agua corresponden a los puntos de aforo y los otros a la parte alta de cada una de las microcuencas.

2.5.4.2 Análisis del recurso hídrico

Se determinó por medio de análisis o estudios previos, consultados en Centro de salud, los cuales se encuentran determinados bajo la Comisión Guatemalteca de Normas (Coguanor), esta fijó las normas de calidad del agua potable, mediante la norma NGO 29001 Agua Potable.

Por medio de los análisis se pudieron conocer los valores para determinar que tan apto es el recurso hídrico para el consumo, en donde se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

Parámetros químicos

- ✓ Cloro residual
- ✓ Cloruro (Cl^-)
- ✓ Dureza total (CaCO_3)

- ✓ Sólidos disueltos
- ✓ Sulfato (SO_4^{-2})
- ✓ Fluoruro
- ✓ Hierro total (Fe)
- ✓ Manganeso (Mn)
- ✓ Nitrato (NO_3^{-})
- ✓ Nitrito (NO_2^{-})
- ✓ Amoniaco (NH_3)
- ✓ Sólidos totales
- ✓ Sólidos volátiles
- ✓ Sólidos fijos
- ✓ Sólidos en suspensión

Parámetros físicos

- ✓ Color
- ✓ Olor
- ✓ Sabor
- ✓ Aspecto
- ✓ Turbiedad
- ✓ T°
- ✓ Conductividad eléctrica
- ✓ Potencial de hidrógeno (pH)

2.5.4.3 Usos del Agua

Los tipos de usos y los volúmenes, son identificados mediante entrevistas dentro de las microcuencas, complementándose con consultas en fuentes secundarias.

2.5.5 Balance Hidrológico de las microcuencas

Consistió básicamente en la realización del análisis de la información recopilada. Para el cálculo del balance hidrológico se utilizó la precipitación pluvial, evapotranspiración y caudales de los ríos. Utilizando la siguiente ecuación:

Entradas – salidas = + Cambio en el almacenamiento

En donde las entradas de cada una de las microcuencas, consisten en la precipitación pluvial, y las salidas están determinadas por el flujo de los ríos en los puntos de aforo y por la evapotranspiración.

2.5.5.1 Determinación de la precipitación media

La determinación de la precipitación se realizó en base a la tabulación de los registros de precipitación diaria obtenidos en las estaciones meteorológicas de San Pedro Nécta (Latitud 152943, Longitud 914548) y Cuilco (Latitud 152423, Longitud 915710). Con los datos de los registros de precipitación de las diferentes 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.

2.5.5.2 Determinación de la evapotranspiración

Se tabularon los datos de temperatura máxima, mínima y mensual, de cada una de las estaciones cercanas a las microcuencas. Luego se calculó la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Hargreaves, por ser este uno de los métodos más practicados y confiables.

2.5.6 Zonas con riesgo de contaminación

Para el caso de poder identificar las zonas donde se posee el mayor riesgo de contaminación dentro de las áreas de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango, se realizó la siguiente metodología.

2.5.6.1 Caracterización de los agentes contaminantes

Las fuentes de contaminación se determinaron en el campo, se clasificaron por desechos sólidos, drenajes de aguas negras, contaminación visual, auditiva.

2.5.6.2 Georreferenciación de las zonas en riesgo de contaminación

Se realizó una referenciación geográfica para identificar gráficamente cada una de las zonas en riesgo de contaminación dentro de las áreas de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

2.5.7 Sistematización de información

En esta etapa se ordenó la información recopilada y verificada en las diferentes fases en que se dividirá el estudio, realizando las siguientes actividades:

- ✓ Elaboración de cuadros de resultados de la caracterización morfométrica.
- ✓ Realización del hidrograma de acuerdo a los caudales mensuales.
- ✓ Elaboración del balance hidrológico de la microcuenca.
- ✓ Análisis de los resultados de la calidad de agua.
- ✓ Elaboración de mapas: puntos de aforo, muestreo, mapa base, mapa hidrológico, e Isoyetas.

2.5.7.1 Análisis de resultados

Posterior a la sistematización de la información, se procedió a realizar un análisis de resultados, tanto los determinados en la fase de recopilación de información, como los determinados y actualizados en campo, para así de esta manera poder establecer los lineamientos de manejo en las áreas donde se encuentran cada una de las microcuencas, en donde se realizará una priorización de los problemas, para así poder tener un punto de partida para las estrategias de manejo.

2.5.7.2 Redacción del documento de investigación

Luego de la sistematización y el análisis de la información se procedió a la realización del documento de investigación de cada una de las microcuencas.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 Determinación de las características morfométricas de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

2.6.1.1 Determinación de aspectos lineales de la microcuenca del río El Jute.

La determinación de los parámetros lineales de la microcuenca del río El Jute se describen en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Parámetros lineales de la microcuenca del río El Jute.

Río El Jute		
No.	Aspecto lineal	Resultado
1	Perímetro (Km)	22.8
2	Clases de corrientes	
	Permanente (Corrientes)	1
	Intermitentes (Corrientes)	23
	Efímeras (Corrientes)	76
3	Orden de corrientes	
	Orden 1	100
	Orden 2	24
	Orden 3	6
	Orden 4	1
4	Radio de bifurcación medio	4.72
5	Longitud media de corrientes (km)	0.08
	Lū 1 (km)	0.62
	Lū 2 (km)	0.715
	Lū 3 (km)	0.982
	Lū 4 (km)	7.66
6	Radio de longitud medio (Km)	3.44
7	Longitud acumulada de corrientes (Km)	92.71

Fuente: elaboración propia.

La microcuenca del río El Jute presenta un perímetro total de 22.8Km de longitud, en donde se pudieron establecer los diferentes tipos de corrientes 1 permanentes, 23 intermitentes y 76 efímeras. Se puede establecer que esta microcuenca es de orden 4, y se encuentra constituida por 131 corrientes (orden 1 = 100 corrientes, orden 2 = 24 corrientes, orden 3 = 6 corrientes, y orden 4 = 1 corriente), por estos datos se puede asumir que en ésta microcuenca existe un drenaje aceptable, en donde se encuentran pendientes de grandes valores, con un radio de bifurcación de estimación de 4.72. Presenta una longitud media de corrientes de 0.08, en donde se puede asumir que posee corrientes de longitudes cortas, dando a entender que hay pendientes muy escarpadas.

El radio de longitud medio de la microcuenca del río El Jute, tiene un valor de 3.44km. El valor de la longitud acumulada de corrientes es de 9.98km. Posee un cauce principal de 7.66km que se constituye en los 2400msnm hasta los 1100, en donde el río El Jute, desemboca en el río Selegua.

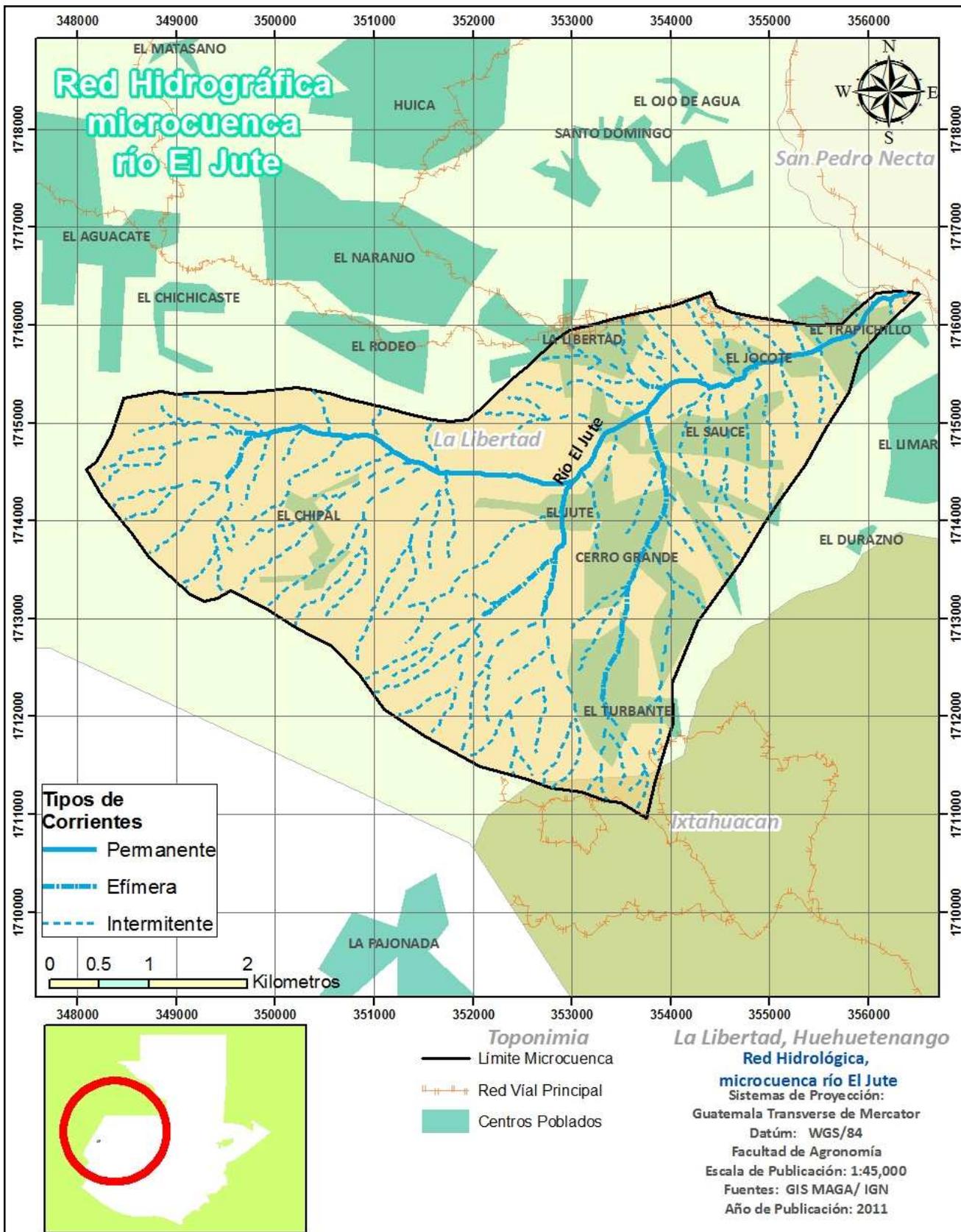


Figura 4. Mapa hidrográfico, microcuenca río El Jute.

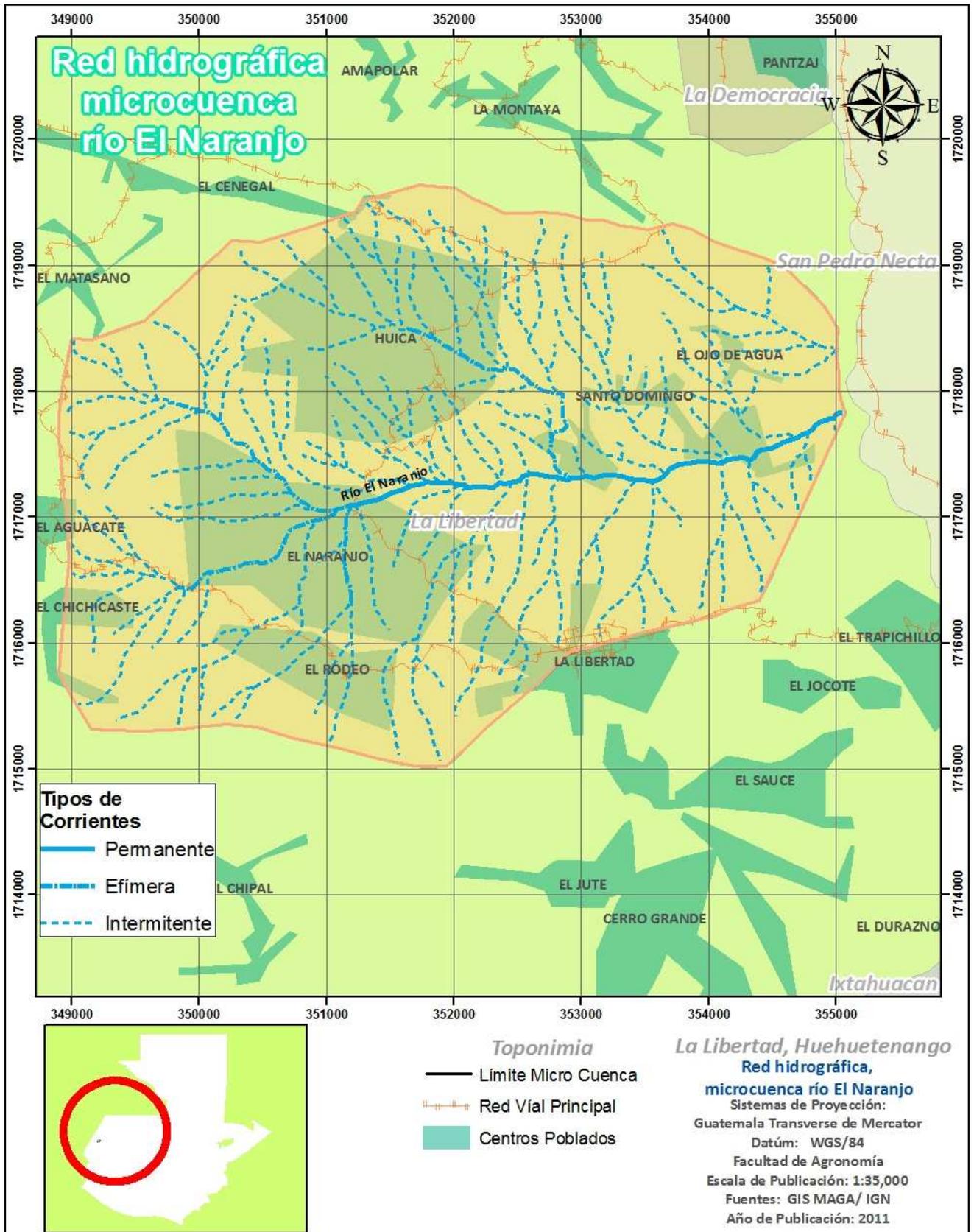


Figura 5. Mapa hidrográfico, microcuenca río El Naranjo

2.6.1.2 Determinación de aspectos de superficie de la microcuenca del río El Jute

La determinación de los parámetros de superficie de la microcuenca del río El Jute se describen a continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Aspectos de superficie, microcuenca río El Jute.

Río El Jute		
No.	Aspecto de superficie	Resultado
1	Área de la microcuenca (Km ²)	22.34
2	Forma de la microcuenca	
	Relación de forma	0.29
	Relación circular	0.54
3	Radio de elongación	0.61
4	Densidad de drenajes (Km/Km ²)	4.15
5	Frecuencia de corrientes (Cauces/Km)	5.86

Fuente: elaboración propia.

El área aproximada es de 22.3Km² para la microcuenca del río El Jute, lo que permite estimarla de tamaño pequeño, con una forma alargada debido al valor numérico de la relación de forma (0.29). Presenta una densidad de drenaje de 4.1Km², siendo está una densidad aceptable, y estimándola con un buen drenaje, e indicando que el suelo es poco resistente a la erosión. Debido a que la frecuencia de corrientes es de 5.86cor/km², se entiende que la respuesta hidrológica de la microcuenca es eficiente.

2.6.1.3 Determinación de aspectos de relieve de la microcuenca del río El Jute.

La determinación de los parámetros de relieve de la microcuenca del río El Jute se describen a continuación en los cuadros siguientes.

Cuadro 6. Elevación media, microcuenca río El Jute.

RÍO EL JUTE							
Intervalo Entre Curvas de Nivel		Cota Media	Área Parcial	%Área	%Área Ac	Cota Media * Ai	Em
3480	3000	3240	1.23	5.45	5.45	3985.2	2178.1
3000	2500	2750	5.84	25.90	31.35	16060	
2500	2000	2250	6.91	30.64	61.99	15547.5	
2000	1500	1750	5.62	24.92	86.91	9835	
1500	1000	1250	2.95	13.08	100.00	3687.5	
Ak			22.55	100		49115.2	

Fuente: elaboración propia.

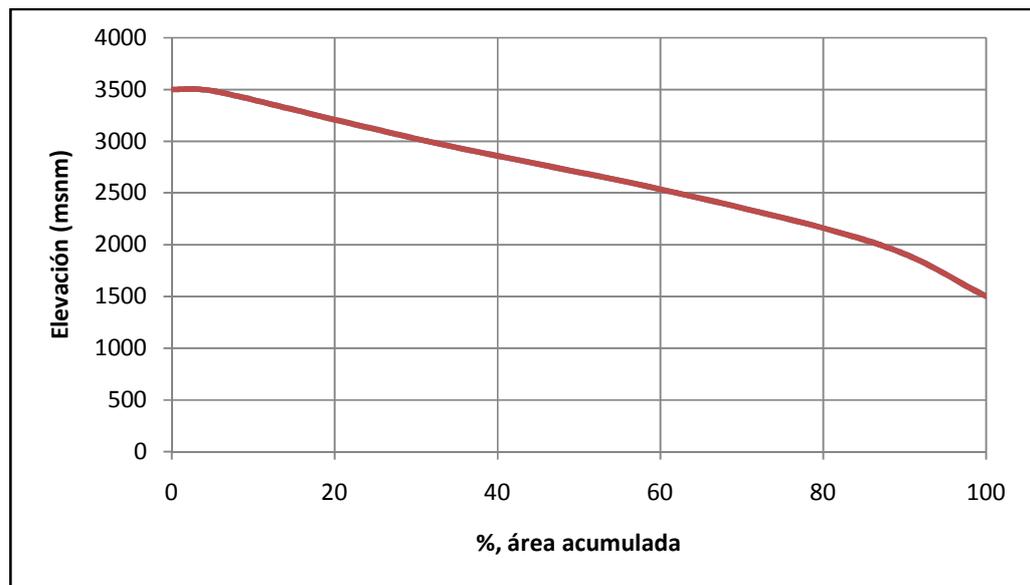


Figura 6. Curva hipsométrica río El Jute.

Cuadro 7. Aspectos de relieve microcuenca río El Jute

Río El Jute		
No.	Aspecto de relieve	Resultado
1	Pendiente media de la cuenca (método de Alvord) (%)	58.57
2	Pendiente del canal o cauce principal (método analítico) (%)	27
3	Elevación media de la Cuenca, Curva Hipsométrica (msnm)	2, 178.1
4	Coeficiente de relieve	0.27
5	Coeficiente de Robustez	236

Fuente: elaboración propia

La microcuenca del río El Jute presenta una pendiente media del 58.57% con una clasificación P4, siendo está considerada como de relieve muy pronunciado, según Herrera, IR 2011, su mayor grado de pendiente se encuentra entre los rangos de 1900 hasta 2900 msnm, presentando las áreas más escarpadas y de mayor relieve en la microcuenca. La pendiente del cauce principal es de 27%, tomando en cuenta estos registros, la velocidad del flujo de las corrientes, es considerada como alta en la mayoría de la microcuenca. Posee una elevación media de 2, 178.1msnm y un coeficiente de relieve alto de 0.27, estableciendo una producción anual de sedimentos de 2, 700m³/km²/año y de robustez de 236, indicando que la microcuenca que se encuentra en equilibrio, en etapa de madurez.

2.6.1.4 Determinación de aspectos lineales de la microcuenca del río El Naranjo.

La determinación de los parámetros lineales de la microcuenca del río El Naranjo se describen en el cuadro 8.

Cuadro 8. Aspectos lineales microcuenca río El Naranjo.

Río El Naranjo		
No.	Aspecto lineal	Resultado
1	Perímetro (Km)	17.98
2	Clases de corrientes	
	Permanente	1
	Intermitentes	27
	Efímeras	94
3	Orden de corrientes	
	Orden 1	123
	Orden 2	30
	Orden 3	5
	Orden 4	1
4	Radio de bifurcación medio	5.03
5	Longitud media de corrientes	0.04
	Lū 1	0.6
	Lū 2	0.67
	Lū 3	1.32
	Lū 4	4.16
6	Radio de longitud medio (Km)	2.08
7	Longitud acumulada de corrientes (Km)	104.66

Fuente: elaboración propia.

La microcuenca del río El Jute presenta un perímetro total de 22.8Km de longitud, en donde se pudieron establecer los diferentes tipos de corrientes 1 permanentes, 23 intermitentes y 76 efímeras. Se puede establecer que esta microcuenca es de orden 4, y se encuentra constituida por 131 corrientes (orden 1 = 100 corrientes, orden 2 = 24 corrientes, orden 3 = 6 corrientes, y orden 4 = 1 corriente), por estos datos se puede asumir que en ésta microcuenca existe un drenaje aceptable, en donde se encuentran pendientes de grandes valores, con un radio de bifurcación de estimación de 4.72. Presenta una longitud media de corrientes de 0.08, en donde se puede asumir que posee corrientes de longitudes cortas, dando a entender que hay pendientes muy escarpadas.

2.6.1.5 Determinación de aspectos de superficie de la microcuenca del río El Naranjo

La determinación de los parámetros de superficie de la microcuenca del río El Naranjo se describen a continuación en los siguientes cuadros.

Cuadro 9. Elevación media, microcuenca río El Naranjo.

Intervalo		Cota Media	Área Parcial	%Área	%Área Ac	Cota Media * Ai	Em
Entre	Curvas de Nivel						
2800	2500	2650	1.23	5.73	5.73	3259.5	1816.8
2500	2000	2250	5.63	26.22	31.95	12667.5	
2000	1500	1750	9.64	44.89	76.84	16870	
1500	1000	1250	4.97	23.15	99.99	6212.5	
1000	983	991.5	0.003	0.01	100.00	2.9745	
Ak			21.473	100		39012.4745	

Fuente: elaboración propia.

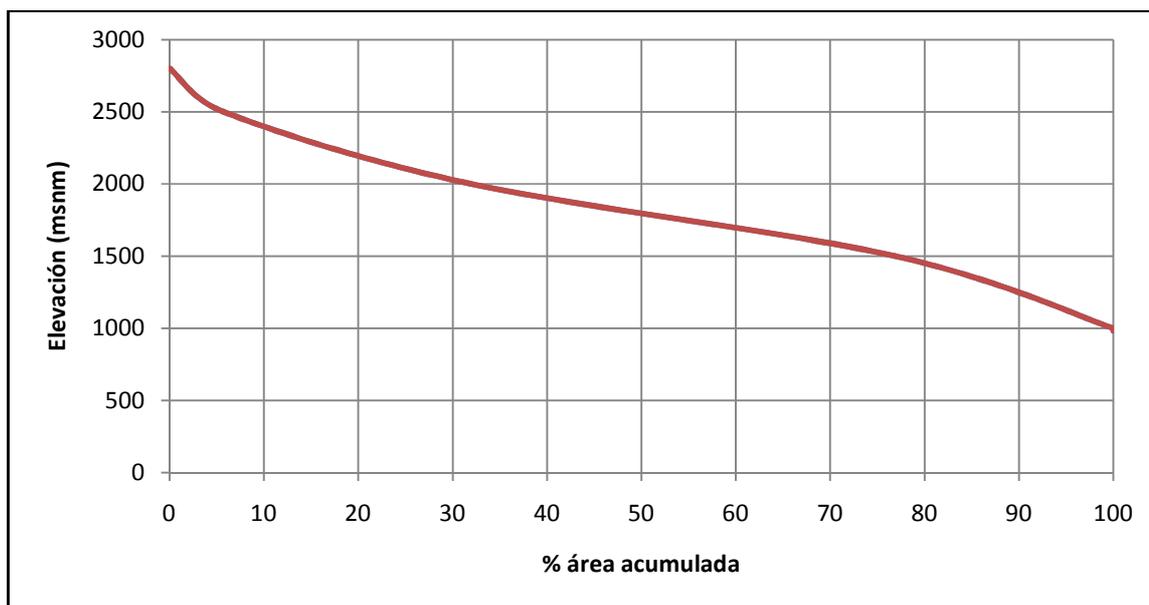


Figura 7. Curva hipsométrica, río El Naranjo.

Cuadro 10. Aspectos de superficie microcuenca río El Naranjo.

Río El Naranjo		
No.	Aspecto de superficie	Resultado
1	Área de la microcuenca (Km ²)	21.22
2	Forma de la microcuenca	
	Relación de forma	0.43
	Relación circular	0.83
3	Radio de elongación	0.74
4	Densidad de drenajes (Km/Km ²)	4.93
5	Frecuencia de corrientes (Cauces/Km)	7.49

Fuente: elaboración propia.

Para la microcuenca del río El Naranjo se presenta un área de 22.34Km², lo que permite que se le clasifique como de tamaño pequeño, con forma ovalada según la relación de forma (0.43). Se encuentra una densidad de drenaje de 4.93Km/km², estableciendo que es una densidad aceptable, con un buen drenaje, evidenciando que el suelo es poco resistente a la erosión. Se puede establecer que la respuesta hidrológica de la microcuenca es eficiente por la frecuencia de corrientes es de 7.49cor/km².

2.6.1.6 Determinación de aspectos de relieve de la microcuenca del río El Naranjo

Cuadro 11. Aspectos de relieve microcuenca río El Naranjo.

Río El Naranjo		
No.	Aspecto de relieve	Resultado
1	Pendiente media de la cuenca (método de Alvord)	59.3
2	Pendiente del canal o cauce principal (método analítico) (%)	23
3	Elevación media de la cuenca, curva hipsométrica (msnm)	1816
4	Coefficiente de relieve	0.24
5	Coefficiente de Robustez	162

Fuente: elaboración propia

La pendiente media aproximada del 59% con una clasificación P4, que se encuentra en la microcuenca del río El Naranjo, indica que posee un relieve muy pronunciado en donde se puede encontrar el mayor grado de pendiente entre los rangos de 1900 hasta 2500msnm, caracterizándose por lo escarpado de sus áreas y con un amplio relieve. Se presenta una pendiente del cauce principal de 23%, pudiéndose encontrar que la velocidad del flujo de las corrientes es alta en microcuenca. La elevación media es de 1, 816.1msnm y un coeficiente de relieve alto de 0.24, equivalente a 2, 400m³/km²/año de sedimentos. Así también cuenta con un coeficiente de robustez de 162, estableciendo que la microcuenca se encuentra en equilibrio, en etapa de madurez, por tener una elevación media de la curva hipsométrica según la clasificación de Herrera, IR 2011.

2.6.2 Balance hidrológico de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo

2.6.2.1 Datos climáticos

Los datos climáticos de Temperatura (T^o) y Precipitación pluvial (pp), de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, fueron recopilados por las estaciones meteorológicas del Insivumeh de Cuilco ubicada a 1120 msnm, latitud 152423 y longitud 915710, y la estación meteorológica de San Pedro Nécta a 1700 msnm latitud 152943 y longitud 914548.

2.6.2.1.1 Precipitación pluvial mensual

La precipitación fue calculada en milímetros promedio mensuales para las dos estaciones meteorológicas, utilizando registros históricos de diez años.

La distribución de la lluvia es bastante variada, ya que la época seca comprende los meses de diciembre a abril, según los datos de precipitación mensual del cuadro 12, mientras que la época lluviosa está comprendida entre los meses de mayo a noviembre, en el mes de julio se presenta un periodo seco llamado canícula, el que se define como un periodo de tiempo anormalmente sin precipitación dentro de la época lluviosa.

Cuadro 12. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas de las estaciones San Pedro Nécta y Cuilco.

PRECIPITACIÓN MEDIA AÑOS 2001-2010																
Estación	Lat Z - 15	Long Z - 15	Pp promedio	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
Cuilco	152423	915710	mm	0.8	4.8	39	106	197	140	147	165	114	24	10.7	2.6	950.28
San Pedro Nécta	152943	914548	mm	13	21	28	173	282	231	265	260	183	65	27.8	16	1564.5

Fuente: registro climático de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

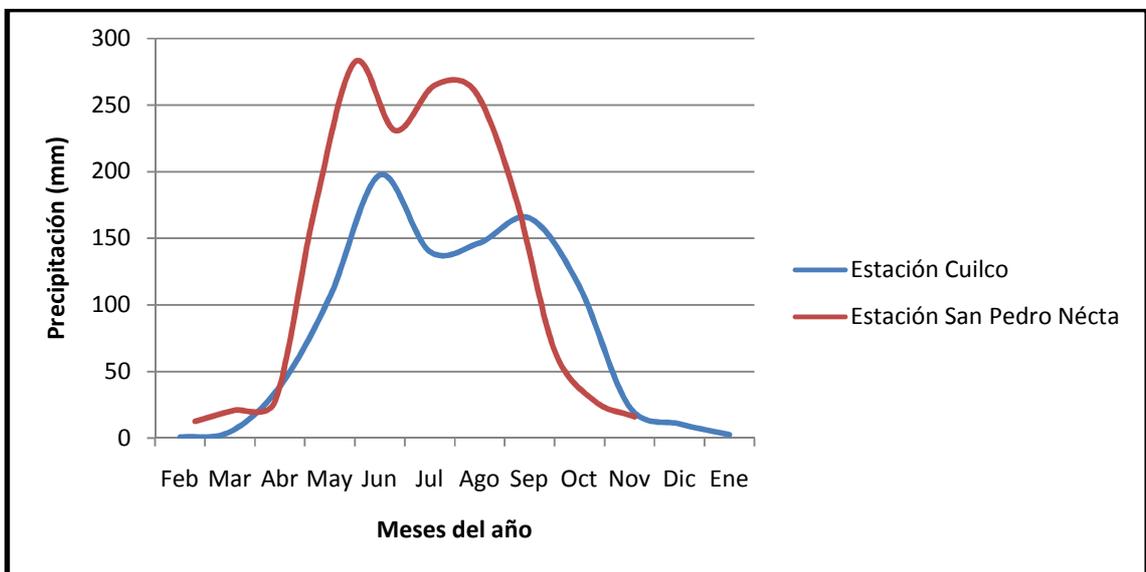


Figura 8. Precipitación media mensual, de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

En la figura 8, se muestra que el pico de precipitación durante el año 2010, fue durante el mes de junio, registrándose un promedio de 282mm de precipitación para la estación San Pedro Nécta, y 197mm para la estación Cuilco. Así también se puede observar que en el mes de julio se estableció el período de canícula, para las dos estaciones.

A. Precipitación media de la microcuenca del río El Jute

La precipitación media de la microcuenca se obtuvo por medio del método de las isoyetas. En el cuadro 13, se presentan los valores y áreas de cada una de las isoyetas, obteniendo como resultado final una precipitación media de la microcuenca del río El Jute, de 1813.8mm anuales. En la figura 7 se muestra la distribución de las isoyetas dentro de la microcuenca.

Cuadro 13. Precipitación media por medio de Isoyetas.

Precipitación Promedio				
Isoyetas		Ha	pp Promedio (mm)	Ha*pp (mm)
800	1000	0.55	900	495
1000	1200	3.13	1100	3443
1200	1400	3.38	1300	4394
1400	1600	3.45	1500	5175
1600	1800	3.86	1700	6562
1800	2000	4.82	1900	9158
2000	2200	4.43	2100	9303
2200	2400	3.41	2300	7843
2400	2600	3.39	2500	8475
2600	2800	0.37	2700	999
TOTALES		30.79	1813.80	55847

Fuente: elaboración propia, con datos de precipitación de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

B. Precipitación media de la microcuenca del río El Naranjo

El parámetro de precipitación media de la microcuenca se calculó a través del método de isoyetas. En donde en el cuadro 14, se presentan los valores de las áreas de cada una de las isoyetas, presentando como resultado 1813.8mm anuales. En la figura 6 se muestra la distribución de las isoyetas dentro de la microcuenca.

Cuadro 14. Precipitación media por medio de Isoyetas.

Precipitación Promedio				
Isoyetas		Ha	pp Promedio (mm)	Ha*pp (mm)
1000	1200	2.2	1100	2420
1200	1400	5.52	1300	7176
1400	1600	6.62	1500	9930
1600	1800	5.37	1700	9129
1800	2000	3.61	1900	6859
2000	2200	2.61	2100	5481
2200	2400	1.4	2300	3220
TOTALES		27.33	1617.82	44215

Fuente: elaboración propia, con datos de precipitación de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

2.6.2.1.2 Cálculo de temperatura mensual

La temperatura promedio mensual fue determinada mediante el monitoreo de los promedios de las temperaturas medias de cada estación meteorológica de febrero a diciembre hasta enero de 2011, tomando registro históricos de diez años. Teniendo como resultado que en la parte que puede calificarse como media de las microcuencas la temperatura media anual es de 19.1°C. Se muestra un aumento considerado en la temperatura en la sección baja de la estación Cuilco, siendo está de 23.6°C. En el cuadro 14, se muestran los datos de temperatura media mensual, de las dos estaciones climáticas, durante en rango de febrero 2007 a enero 2008.

Cuadro 15. Temperatura media de las estaciones meteorológicas Cuilco y San Pedro Nécta.

TEMPERATURA MEDIA AÑOS 2001-2010																
Estación	Lat Z - 15	Long Z - 15	T° media	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
Cuilco	152423	915710	°C	23.0	24.7	25.9	25.8	23.8	23.9	23.9	23.5	23.7	22.2	21.9	21.4	23.6
San Pedro Nécta	152943	914548	°C	18.3	19.8	21.2	20.8	19.8	19.5	19.7	19.8	18.9	17.1	17.8	16.9	19.1

Fuente: registro climático de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

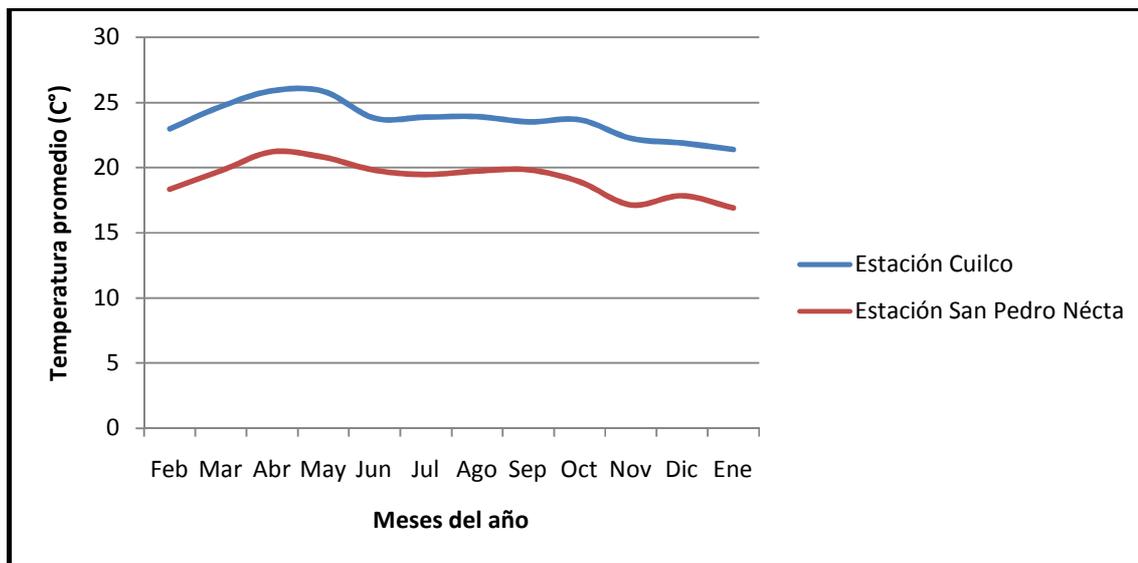


Figura 9. Temperatura media mensual, de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

En la figura 9, se encuentran graficadas las distintas fluctuaciones de la temperatura durante doce meses, y se puede observar al mismo tiempo que la temperatura establece un comportamiento homogéneo para las dos estaciones, evidenciando que no existieron cambios abruptos en la temperatura.

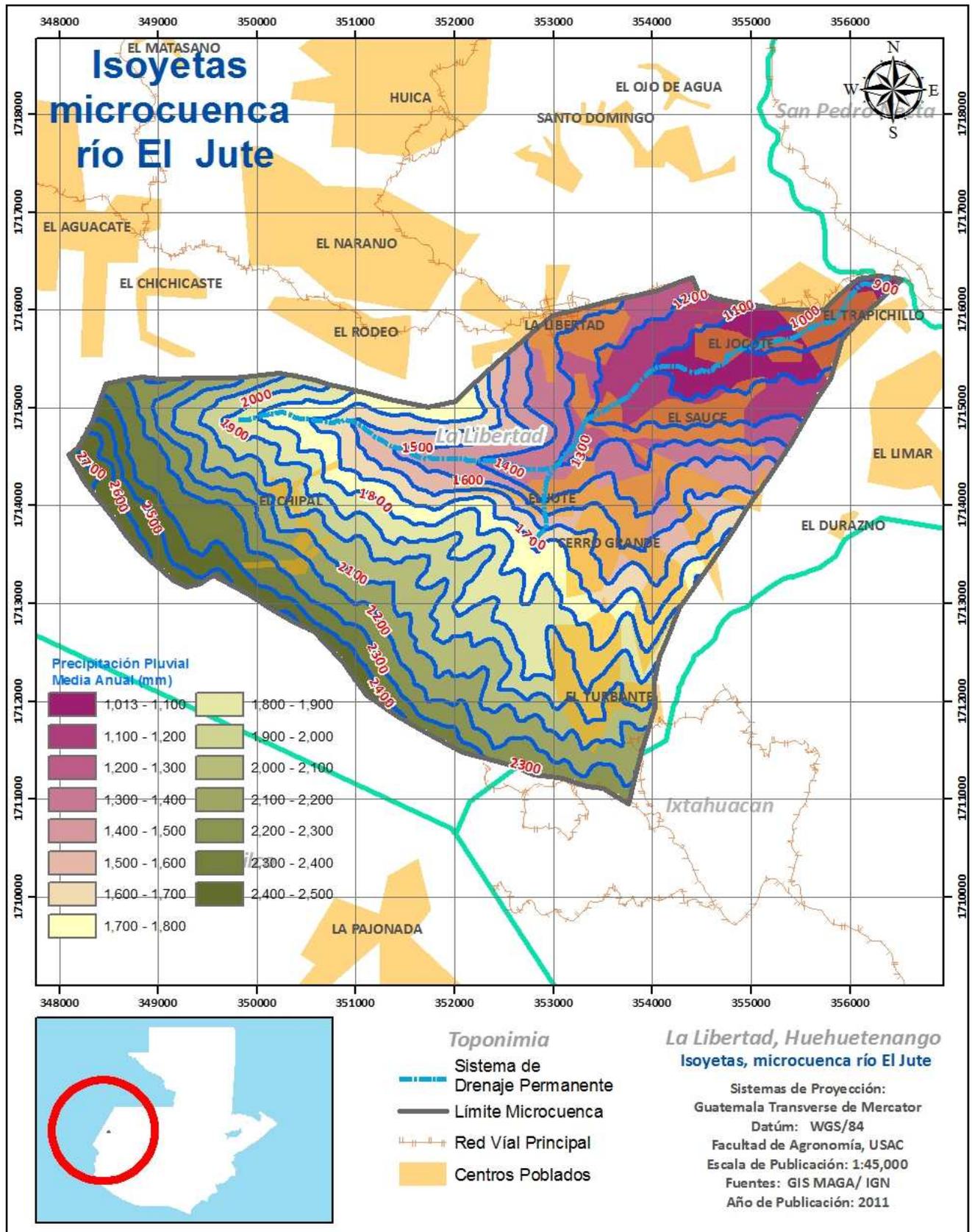


Figura 10. Isoyetas de la microcuenca del río El Jute.

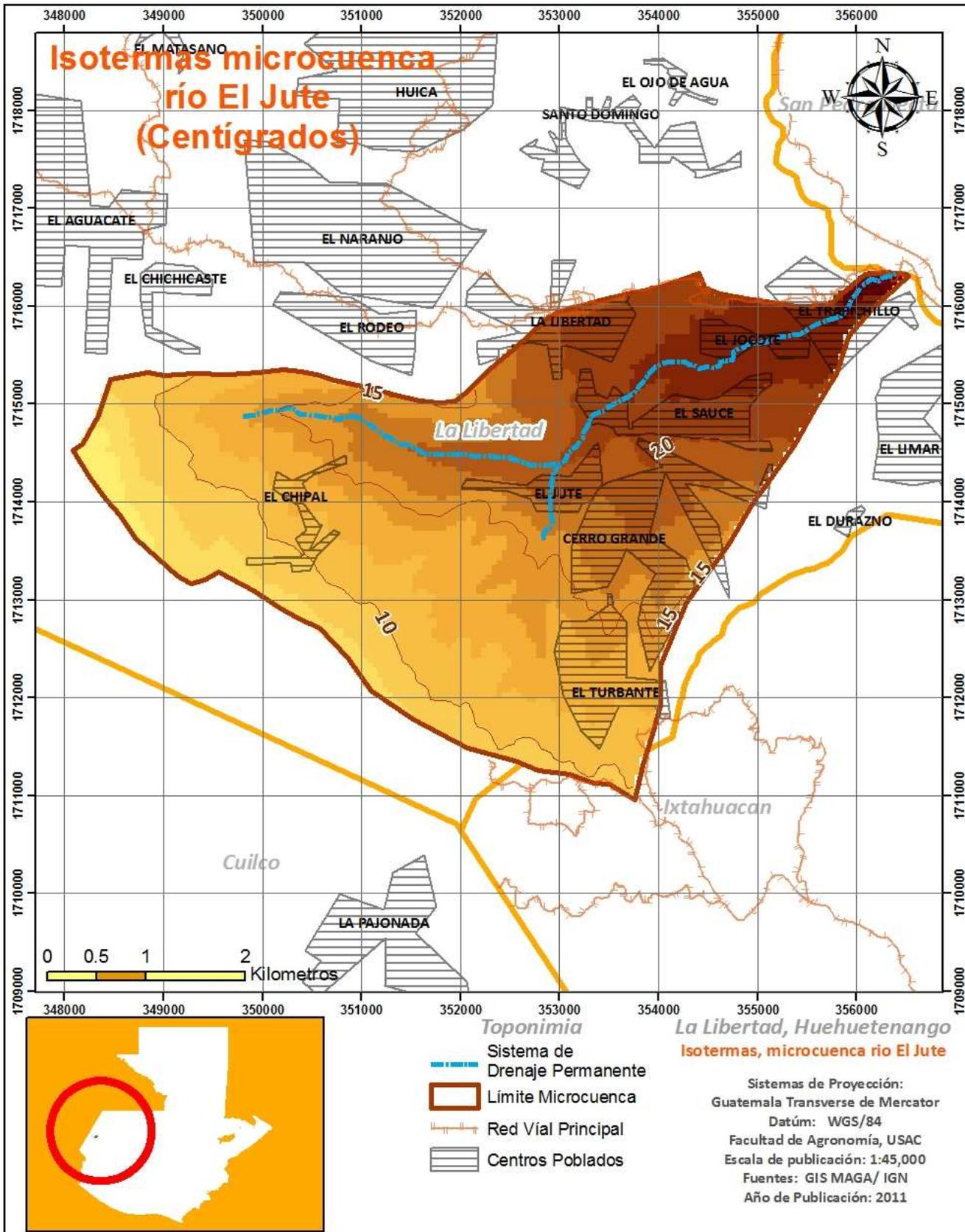


Figura 11. Isotermas de la microcuena del río El Jute.

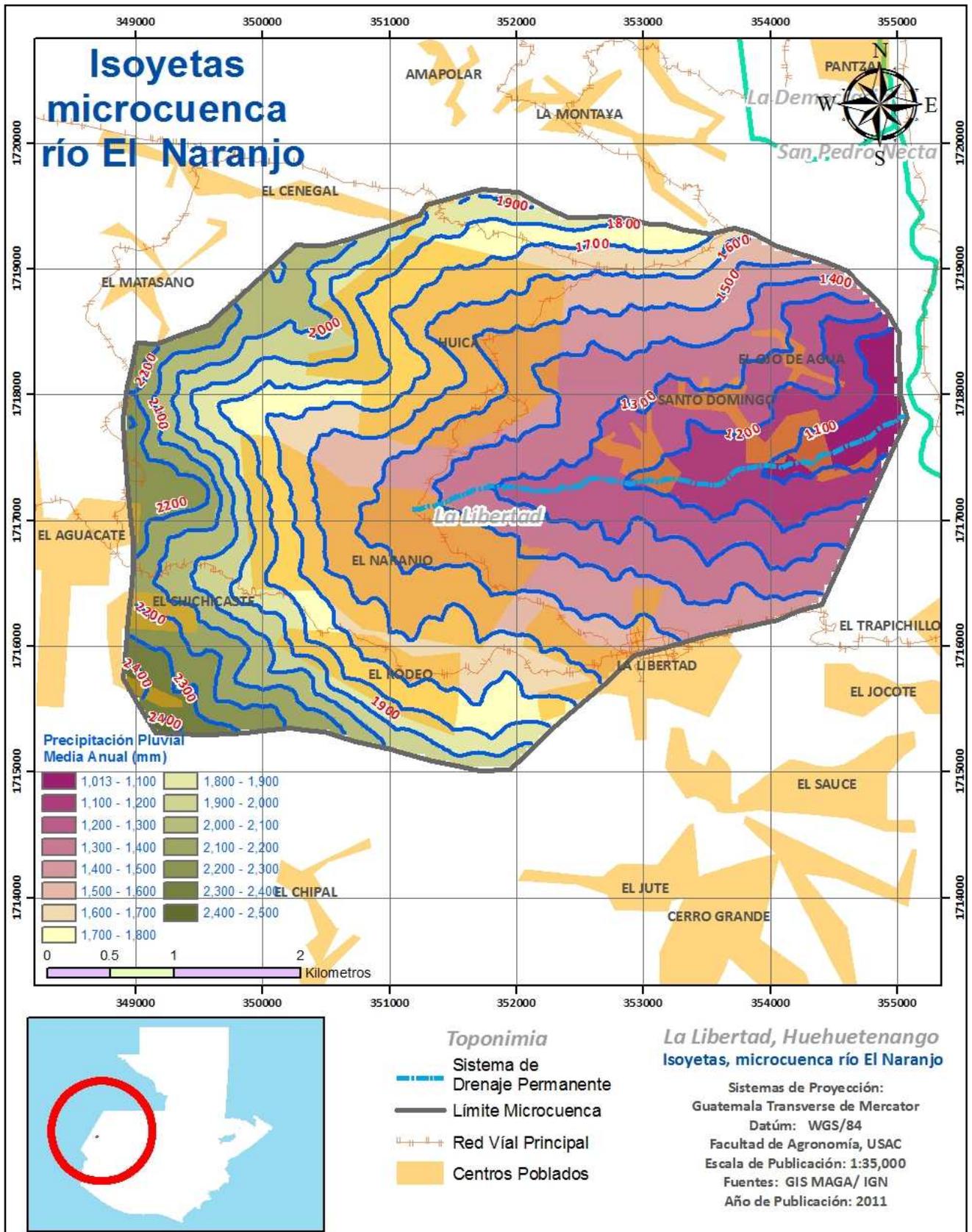


Figura 12. Isoyetas de la microcuenca del río El Naranjo.

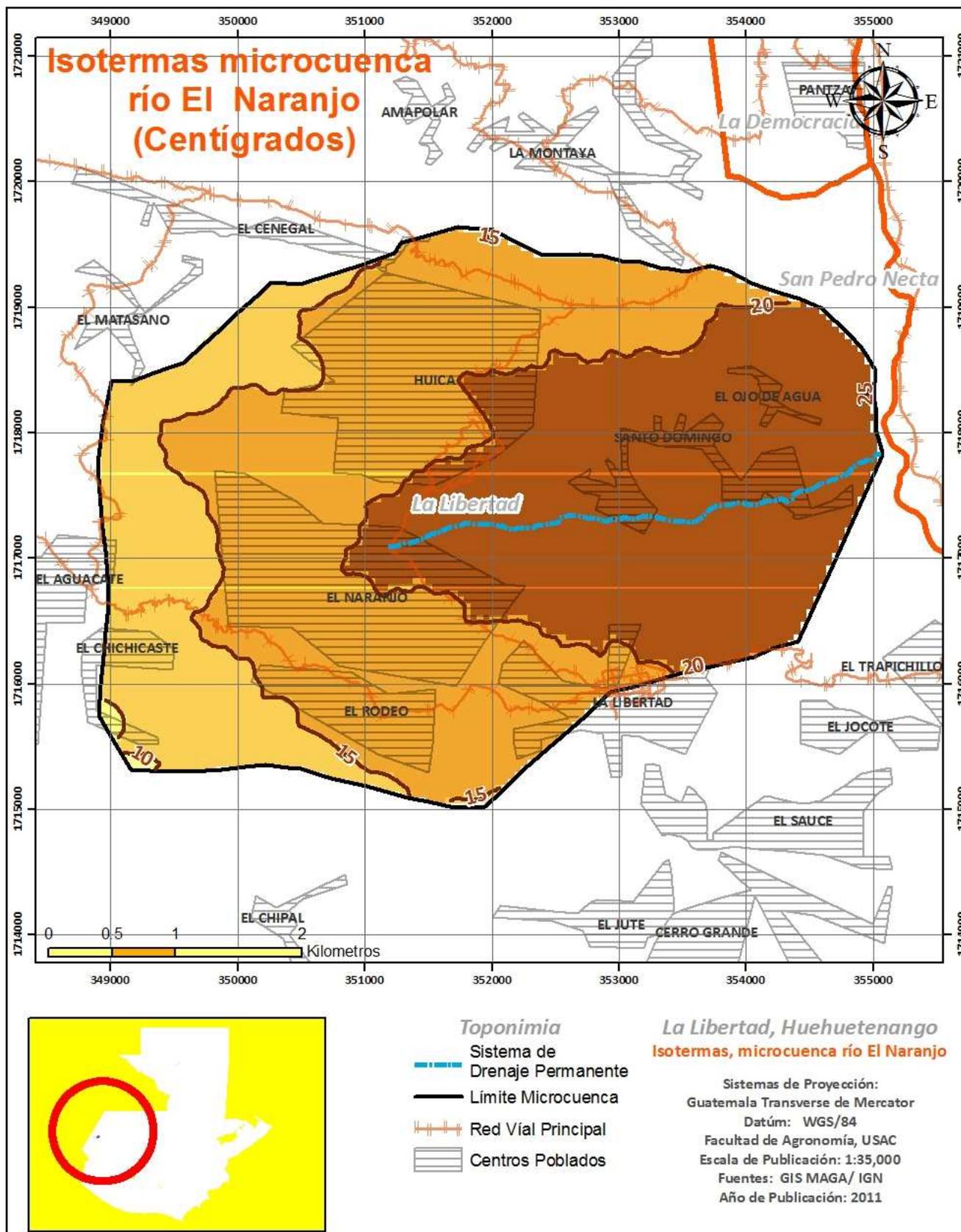


Figura 13. Isotermas de la microcuenca del río El Naranjo.

2.6.2.1.3 Cálculo de la evapotranspiración potencial mensual por los métodos de Hargreaves y Blanney y Criddle.

La evapotranspiración se calculó mediante la metodología de Hargreaves para el caso de la estación meteorológica Cuilco, considerando los parámetros de precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa. Para el caso de la estación meteorológica San Pedro Nécta se utilizó el método de Blanney y Criddle, debido a que se carecían de datos históricos de humedad relativa, considerando, para este caso los parámetros de temperatura, porcentaje de horas luz y el factor K.

Los valores de evapotranspiración mensual se presentan en el cuadro 16, obteniendo un valor anual en la sección baja de la microcuenca de 1899.9mm anuales y 1274.3mm en la sección media, esto para cada una de las microcuencas, de los ríos El Jute y El Naranjo.

Cuadro 16. Cálculo de la evapotranspiración mensual de las estaciones meteorológicas Cuilco y San Pedro Nécta.

ETP MEDIA AÑOS 2001-2010																
Estación	Lat Z - 15	Long Z - 15	ETP	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
Cuilco	152423	915710	mm	145.4	178.9	189.7	198.6	171.0	169.8	165.1	148.3	145.1	128.9	127.1	132.0	1899.99
San Pedro Nécta	152943	914548	mm	108.0	133.3	143.3	112.1	104.5	105.7	104.6	98.5	93.0	79.7	84.3	107.3	1274.3

Fuente: elaboración propia, con datos de las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

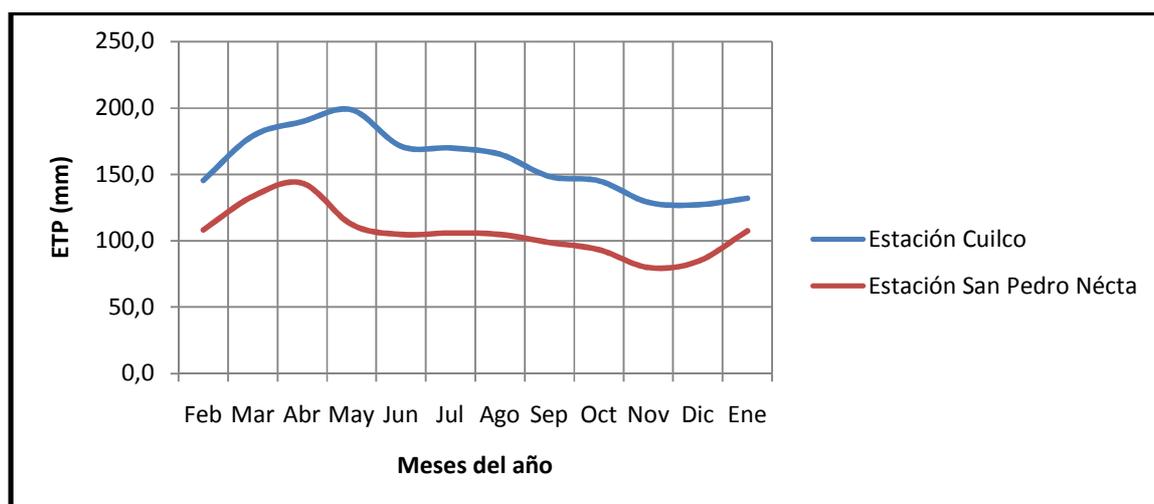


Figura 14. Evapotranspiración potencial Promedio mensual, de las estaciones meteorológicas Cuilco y San Pedro Nécta.

La figura 14, evidencia las fluctuaciones en la evapotranspiración determinada en las dos estaciones meteorológicas, encontrándose que en los meses de marzo a mayo se reportó la mayor evapotranspiración para las dos estaciones, como también un aumento en la evapotranspiración durante los meses de abril y mayo en las estaciones Cuilco y San Pedro Nécta.

A. Evapotranspiración media, por medio de Isopletras

Corresponde a la evapotranspiración potencial de la vegetación del área de la microcuenca, la cual se obtuvo por medio del cálculo de isopletras anuales. En el cuadro 17, se observan los valores y áreas entre cada una de las isopletras, obteniendo como resultado 1449.28mm de evapotranspiración media anual de la microcuenca del río El Jute.

Cuadro 17. Evapotranspiración media por medio de isopletras, microcuenca del río El Jute.

Evapotranspiración Media				
Isopletras		Ha	ETP (mm)	Ha*ETP (mm)
1900	1800	1.09	1850	2016.5
1800	1700	3.47	1750	6072.5
1700	1600	3.87	1650	6385.5
1600	1500	3.7	1550	5735
1500	1400	4.88	1450	7076
1400	1300	5.01	1350	6763.5
1300	1200	4.13	1250	5162.5
1200	1100	2.18	1150	2507
1100	1000	0.56	1050	588
TOTALES		27.8	1449.28	40290

Fuente: elaboración propia.

La evapotranspiración media anual de la microcuenca del río El Jute, es baja tomando en cuenta las dos estaciones meteorológicas y considerando que la mayor área de la microcuenca se encuentra en condiciones de alta humedad, una temperatura menor y una mayor precipitación pluvial, que comprende desde la parte media y alta de la microcuenca, la que influencia en la evapotranspiración total de la microcuenca. En la figura 12, se muestra la distribución de las isopletras en la microcuenca de río El Jute.

B. Evapotranspiración media, con metodología de Isopletras

En el cuadro 18, se observan los valores y áreas entre cada una de las isopletras, obteniendo como resultado 1449.28mm de evapotranspiración media anual de la microcuenca del río El Naranjo.

Cuadro 18. Evapotranspiración media por medio de Isopletras, microcuenca del río El Naranjo.

Evapotranspiración Media				
Isopletras		Ha	ETP (mm)	Ha*ETP
1900	1800	3.58	1850	6623
1800	1700	8.23	1750	14402.5
1700	1600	8.97	1650	14800.5
1600	1500	6.65	1550	10307.5
1500	1400	4.58	1450	6641
1400	1300	2.95	1350	3982.5
1300	1200	0.56	1250	700
TOTALES		35.52	1617.60	57457

Fuente: elaboración propia.

Los registros de evapotranspiración media anual para el río El Naranjo, al igual que en la microcuenca del río El Jute es baja. En la mayoría del área las condiciones de alta humedad, un nivel más bajo en la temperatura y un índice mayor de precipitación pluvial. En la figura 13, se muestra la distribución de las isopletas en la microcuenca de río El Naranjo.

C. Evapotranspiración, metodología Turc

Se consideró calcular la evapotranspiración, por medio del método de Turc, debido a la fiabilidad que presenta esta metodología, donde se toma en cuenta datos de precipitación media mensual (1813.8mm microcuenca río El Jute y 1617.82mm microcuenca río El Naranjo) y temperatura media mensual (15°C microcuenca río El Jute y 15°C microcuenca río El Naranjo), donde se obtuvo un resultado correspondiente a **384.90mm** para la microcuenca del río El Jute, y **382.91mm** para la microcuenca del río El Naranjo.

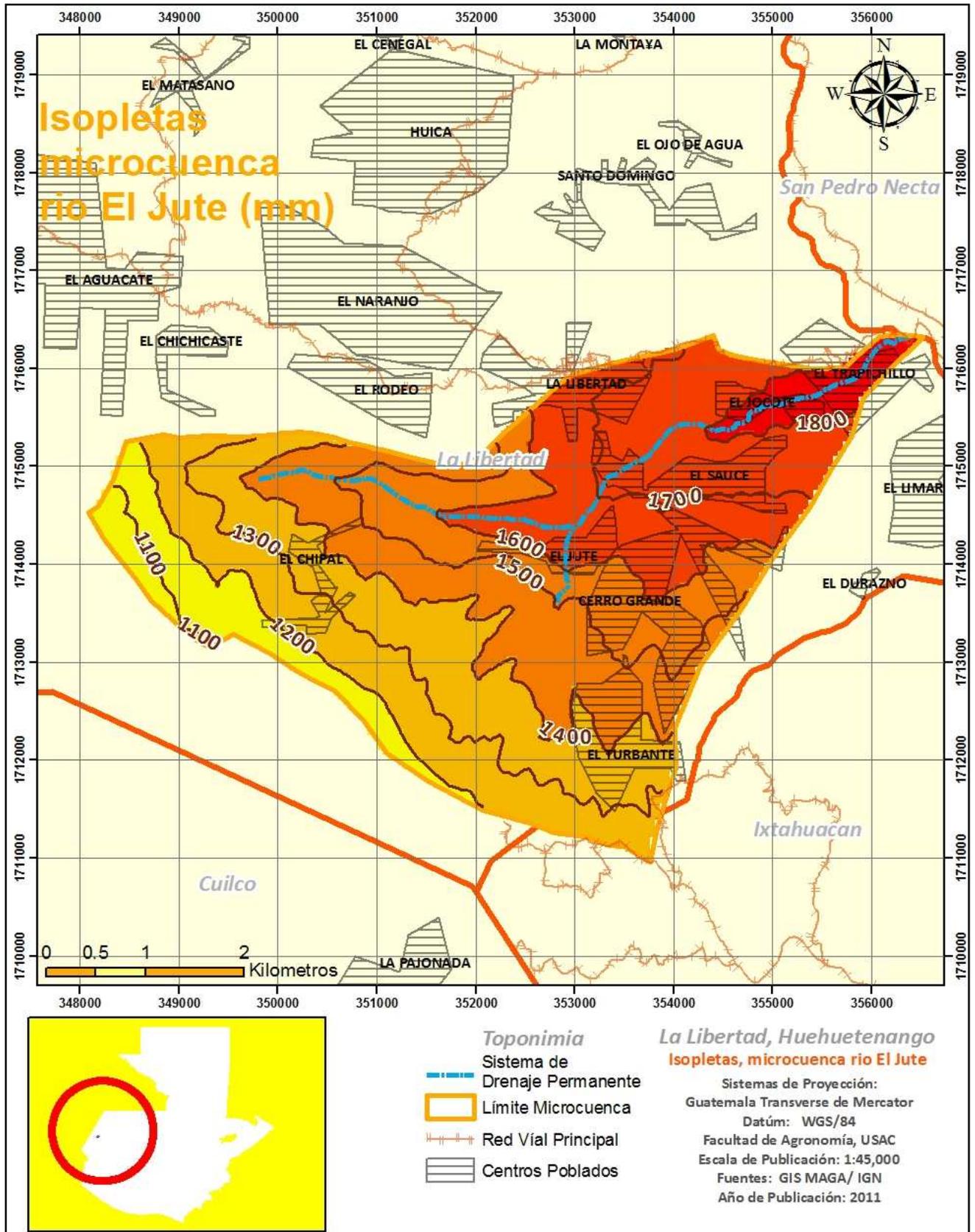


Figura 15. Isoplethas de la microcuencas del río El Jute.

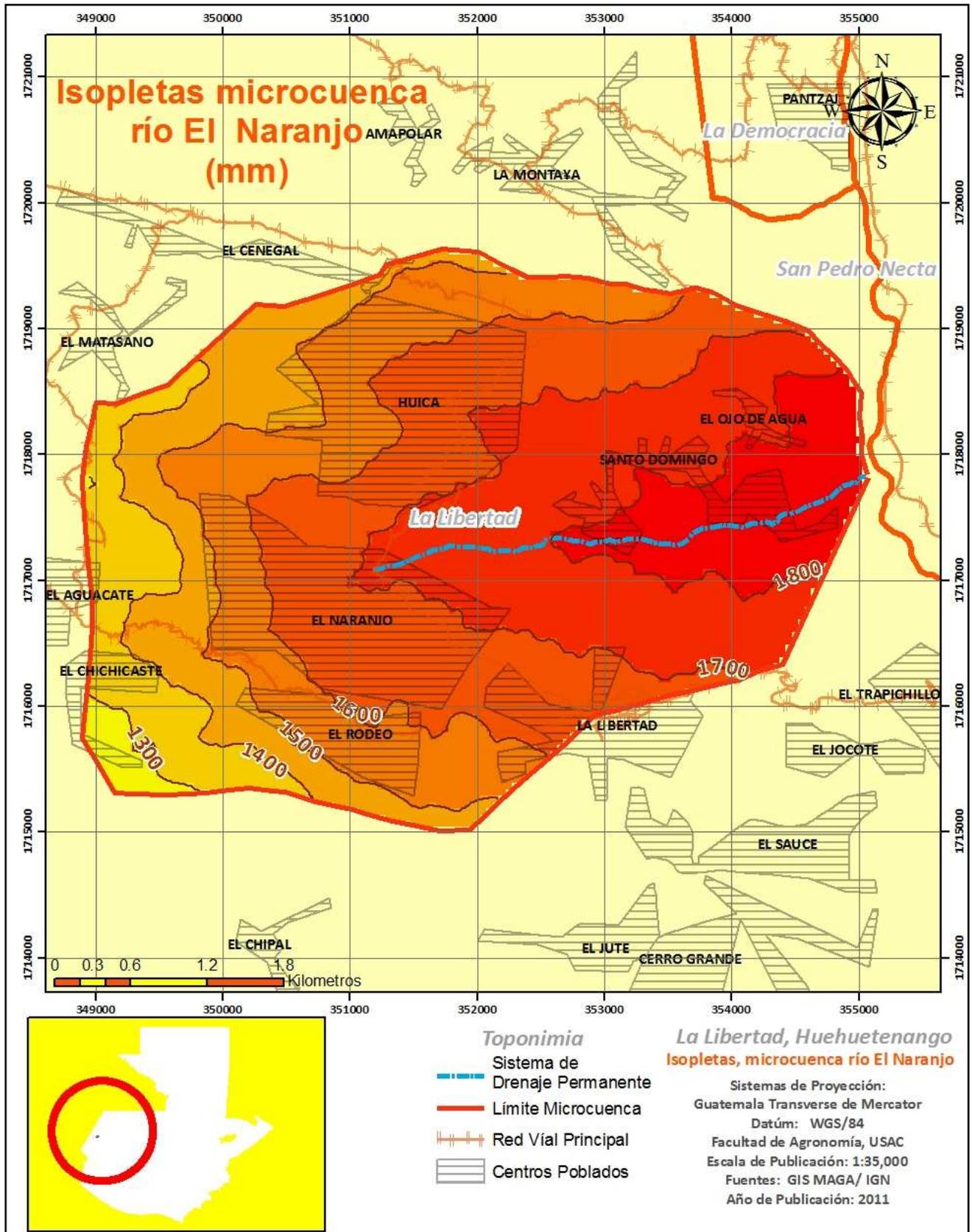


Figura 16. Isopletas microcuencas río El Naranjo.

2.6.2.2 Caudales medios mensuales

La realización de los aforos se llevo a cavo durante once meces siendo estos de febrero del año 2010 a enero del año 2011, calculados por los métodos de sección velocidad (flotador), en el cuadro 29 se muestran los caudales de los distintos ríos aforados.

Cuadro 19. Aforos de los ríos El Jute y río El Naranjo.

Aforos Río El Jute y Río El Naranjo				
Mes	Río El Jute		Río El Naranjo	
	Caudal L/s	Caudal m³/s	Caudal L/s	Caudal m³/s
Febrero	1060	1.06	568.7	0.5687
Marzo	811.9	0.8119	470.25	0.47025
Abril	773.5	0.7735	550	0.55
Mayo	4818	4.818	1903.475	1.903475
Junio	5362.75	5.36275	2569.85	2.56985
Julio	7056	7.056	2915.25	2.91525
Agosto	6660	6.66	2373	2.373
Septiembre	7298.5	7.2985	2963.7	2.9637
Octubre	7195.7	7.1957	1812.4	1.8124
Noviembre	4434.3	4.4343	1597.75	1.59775
Diciembre	2002.5	2.0025	1321.575	1.321575
Enero	1920	1.92	969.696	0.969696
Promedio m³/s	4116.1	4.12	1667.97	1.67
Q Unitario L/s/km²	186.23L/s/km²		87.28L/s/km²	
Escorrentía mm	5374.27mm/año		2518.59mm/año	

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de escorrentía microcuenca río El Jute:

$$4.16\text{m}^3/\text{s} * 3600\text{s} / 1 \text{ hora} * 24\text{h} / 1\text{día} * 365\text{días} / 1 \text{ año} = 12, 006, 1203.1\text{m}^3/\text{año}$$

$$\text{Escorrentía} = 120061203.1 \text{ m}^3/\text{año} / 22, 340, 000\text{m}^2 = 5.37\text{m} = 5374.27\text{mm}/\text{año}$$

Cálculo de escorrentía microcuenca río El Naranjo:

$$1.852\text{m}^3/\text{s} * 3600\text{s} / 1 \text{ hora} * 24\text{h} / 1\text{día} * 365\text{días} / 1 \text{ año} = 53, 444, 515.68\text{m}^3/\text{año}$$

$$\text{Escorrentía} = 53, 444, 515.68 \text{ m}^3/\text{año} / 21, 220, 000\text{m}^2 = 2.52\text{m} = 2518.59\text{mm}/\text{año}$$

En el punto de aforo para el río El Jute se tiene un caudal promedio anual de $4.16\text{m}^3/\text{s}$, siendo equivalente a una lamina de 5374.27mm anuales, en donde existe un aporte de agua por parte de las corrientes de este río, de un caudal unitario de $186.23\text{L}/\text{s}/\text{km}^2$, siendo estos influenciados por el aprovechamiento de parte de los pobladores. En la microcuenca del río El Naranjo se presenta un caudal promedio anual de $1.852\text{m}^3/\text{s}$, este es igual a 2518.59mm anuales. En este río existe un caudal unitario de $87.28\text{L}/\text{s}/\text{km}^2$.

Los caudales mensuales monitoreados durante los doce meses se muestran en el cuadro 19, para ésta microcuenca. Debe tomarse en cuenta que las mediciones fueron realizadas de forma mensual, por lo que la exactitud de los registros podría variar según la época en que los datos sean monitoreados.

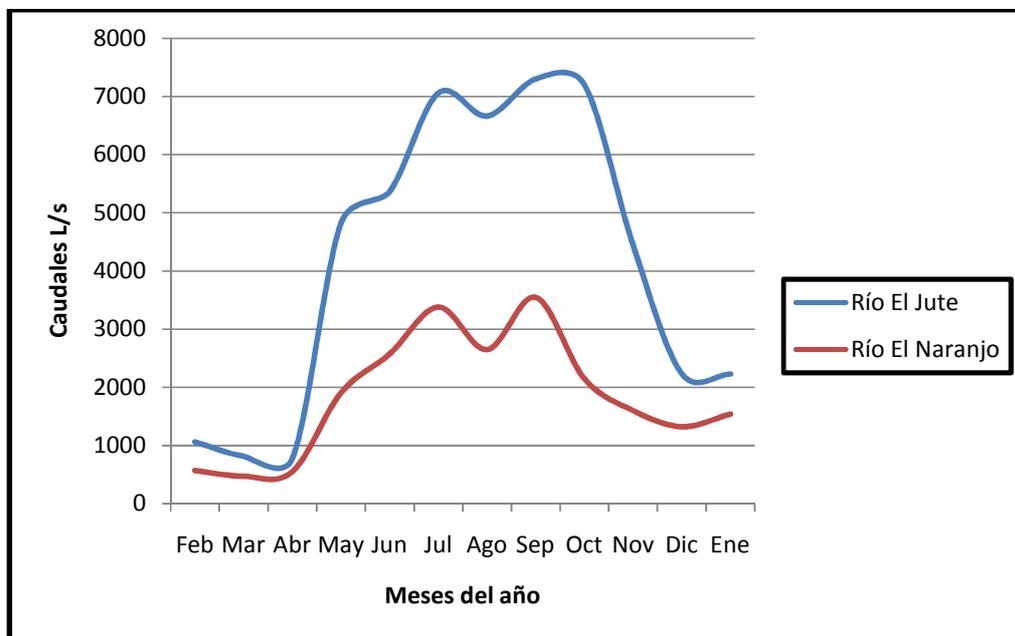


Figura 17. Comportamiento de los caudales de cada uno de los ríos.

La figura 17, muestra el comportamiento de los caudales en los ríos El Jute y El Naranjo. Se pudo determinar que los caudales máximos son reportados para los meses de julio y septiembre siendo los meses de mayor precipitación pluvial y presentándose para el mes de marzo el caudal mínimo para el río El Naranjo, y siendo en el mes de abril para el río El Jute.

2.6.2.3 Balance hidrológico de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo

Para el cálculo del balance hidrológico de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, se utilizaron los datos de precipitación pluvial y evapotranspiración, y caudales de ambos ríos, considerando la ecuación del balance hidrológico la siguiente:

$$\text{Entradas} - \text{salidas} = + \text{Cambio en el almacenamiento}$$

Las entradas de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo consisten principalmente en la precipitación pluvial, y las salidas están determinadas por el caudal del río (lamina de lluvia), y por la evapotranspiración, teniendo el resumen del balance hidrológico en los cuadros 20 y 21.

Cuadro 20. Resumen del balance hidrológico de la microcuenca del río El Jute.

Balance Hidrológico microcuenca río El Jute		
Entradas (+)	Salidas (-)	Almacenamiento
Precipitación 1813.8mm	Escorrentía 5, 374.27mm	-3945.37mm
	Evapotranspiración 384.90mm	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 21. Resumen del balance hidrológico de la microcuenca del río El Naranjo.

Balance Hidrológico microcuenca río El Jute		
Entradas (+)	Salidas (-)	Almacenamiento
Precipitación 1,617.82mm	Escorrentía 2, 518.59mm	-1, 283.68mm
	Evapotranspiración 382.91mm	

Fuente: elaboración propia.

Según los cálculos del balance hidrológico del cuadros 19 y 20, en las microcuencas Río El Jute y Río El Naranjo, no existe almacenamiento o recarga hídrica, debido a que se obtuvieron datos de -3945.37mm y -1283.68mm respectivamente, con esta información se puede estimar que en la parte alta por la limitada vegetación en cada una de las microcuencas, pues presentan escarpes pronunciados, más que la sección media de las mismas. Se debe de considerar que estos resultados son una estimación para los meses de febrero de 2010 a enero de 2011. Las consideraciones para obtener un resultado más confiable es el de la realización de estudios que puedan indicar la influencia de una cuenca superior que utilice como sistema de drenaje cada una de estas microcuencas por medio de aguas subterráneas, de esta misma cuenca superior.

2.6.3 Calidad del agua

La calidad de agua de cada una de las microcuencas, fue determinada por medio de un muestreo, para conocer los parámetros físicos, químicos y micro biológicos, siendo tomados en la época de junio, para el caso de los parámetros micro biológicos y octubre en el caso de los parámetros físicos y químicos.

2.6.3.1 Análisis físico y químico sanitario del agua de las microcuencas de los Ríos El Jute y El Naranjo

Los parámetros químicos sanitarios determinados por medio del muestreo realizado en dos diferentes puntos de cada una de las microcuencas se muestran en el cuadro número 22, para el caso de los análisis químicos y en el cuadro número 23, se muestran los resultados de análisis físicos de laboratorio con fines de consumo.

2.6.3.1.1 Evaluación química de la calidad de agua con fines de consumo

Cuadro 22. Resultados de análisis químico sanitario de las microcuencas.

Parámetro	Unidad	Normas Coguanor		Río El Jute		Río El Naranjo	
		LMA	LMP	Parte Alta	Parte Media	Parte Alta	Parte Media
Cloro residual	mg/L	0.50	1.00	---	---	---	---
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	100.00	250.00	5.00	6.00	5.00	5.50
Dureza total (CaCO ₃)	mg/L	100.00	500.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Sólidos disueltos	mg/L	500.00	1000.00	183.00	191.00	181.00	176.00
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	100.00	250.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fluoruro	mg/L	---	1700.00	0.08	0.01	0.06	0.00
Hierro total (Fe)	mg/L	0.100	1000.00	0.01	0.04	0.02	0.03
Manganeso (Mn)	mg/L	0.050	0.500	0.053	0.004	0.001	0.054
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	---	10.00	2.64	3.30	3.08	2.86
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	---	1.00	0.003	0.005	0.004	0.004
Amoniaco (NH ₃)	mg/L	---	< 1.5	0.02	0.02	0.05	0.07
Sólidos totales				196.00	205.00	201.00	192.00
Sólidos volátiles				7.00	8.00	11.00	9.00
Sólidos fijos				189.00	197.00	190.00	183.00
Sólidos en suspensión				2.00	1.00	2.00	2.00

Fuente: Laboratorio de análisis de aguas de la Facultad de Ingeniería, USAC.

De acuerdo con los parámetros químicos determinados en el análisis de laboratorio y para los puntos de muestreo, al compararlas con los límites máximos aceptables y límites máximos permisibles establecidos por **Coguanor**, todos los parámetros considerados de la microcuenca del río El Jute son aceptados y cumplen con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de

agua, según dictamen del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina”, del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.6.3.1.2 Evaluación física de la calidad de agua con fines de consumo

Cuadro 23. Resultados de análisis físico sanitario de las microcuencas.

Parámetro	Unidad	Normas Coguanor		Río El Jute		Río El Naranjo	
		LMA	LMP	Parte Alta	Parte Media	Parte Alta	Parte Media
Color	U	5.0	35.00	1.00	2.00	4.00	7.00
Olor	No rechazable	---	---	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Sabor	No rechazable	---	---	---	---	---	---
Aspecto		Clara		Claro	Claro	Lig. Turbia	Lig. Turbia
Turbiedad	UNT	5.00	15.00	5.49	8.09	14.20	22.70
T°	°C	15.0-25.0	34.0	---	---	---	---
Conductividad eléctrica	µS/m	---	< 1500	345.00	361.00	341.00	333.00
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidades	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	7.68	8.25	8.39	8.39

Fuente: Laboratorio de análisis de aguas de la Facultad de Ingeniería, USAC.

En los aspectos físicos, la mayoría de los parámetros son aceptables, a excepción del parámetro de aspecto en el río El Naranjo porque presentó un resultado de ligeramente turbio, y para que este sea aceptable debe de tener un aspecto claro y por los procesos de erosión presentes en la microcuenca citada por lo pronunciado de las pendientes en la sección alta de ésta, de acuerdo a las observaciones realizadas en campo. Otro aspecto físico que está fuera del rango es el pH de las muestras de cada uno de los ríos, que está por encima del límite máximo permisible, pero cumplen con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua, según dictamen del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina”, del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Centroamérica.

2.6.3.1.3 Análisis microbiológico del agua de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo

Debido a limitaciones presupuestarias los análisis de laboratorio con énfasis microbiológico, se llevaron a cabo en el inicio de la época lluviosa, gracias al apoyo del Profesor Fredy Rocael Matta Pérez, Inspector de Saneamiento Ambiental del municipio de La Libertad, Huehuetenango, realizado en la primera semana del mes de junio año 2010, para poder determinar un número mayor parámetros que indican la calidad de agua para consumo humano, tomando en cuenta únicamente coliformes fecales, debido a la limitada capacidad del Laboratorio de Vigilancia de La Calidad del Agua de la Dirección de Área de Salud, de Huehuetenango. En el cuadro 24, se muestran los resultados microbiológicos de seis muestras (tres muestras por río) de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

Cuadro 24. Resultados de análisis microbiológico de las microcuencas.

Río El Jute					Río El Naranjo				
Nombre del sitio de muestreo	Coliformes fecales / 100ml				Nombre del sitio de muestreo	Coliformes fecales / 100ml			
	Norma Coguanor	No. de muestra	Vol. (ml)	Contaje (No. Colonias)		Norma Coguanor	No. de muestra	Vol. (ml)	Contaje (No. Colonias)
Caserío La Hamaca (parte baja)	< 2 NMP/100ml	1638	100	36	Champen Ojo de Agua (parte baja)	< 2 NMP/100 ml	1637	100	496
Puente El Jute (parte media)	< 2 NMP/100ml	1631	100	Incontables	Aldea El Naranjo (parte media)	< 2 NMP/100 ml	1636	100	544
Rinconada El Jute (parte alta)	< 2 NMP/100ml	1632	100	Incontables	Aldea El Chichicaste (parte alta)	< 2 NMP/100 ml	1635	100	Incontables

Fuente: Dirección del Área de Salud Laboratorio de Vigilancia de La Calidad del Agua, Huehuetenango

El cuadro número 24, indica que en base a la norma guatemalteca **Coguanor** (NGO 29001), para análisis microbiológico de agua potable, todas las muestras analizadas se encuentran fuera de los límites establecidos, debido a que éste parámetro es mayor a límite máximo aceptable, el cual debe de ser menor a dos. Probablemente por la influencia de los diferentes lugares habitacionales, presentes en la parte media y alta de las microcuencas. Uno de los aspectos a considerar es que las muestras de agua fueron colectadas cercanas a caminos o veredas, básicamente por el acceso limitado que se encuentra en la mayoría de áreas de las microcuencas, por el relieve que éstas presentan.

2.6.3.2 Análisis de la calidad de agua

El agua que es consumida tanto por las diferentes comunidades dentro de las microcuencas así como por los pobladores de la cabecera municipal, respecto a los resultados obtenidos, tanto físicos y químicos demuestran que el agua cumple con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Según los análisis microbiológicos, el agua no es apta para consumo humano básicamente por el alto contenido de coliformes fecales presentes en las muestras analizadas, pues estas podrían causar enfermedades gastrointestinales, pudiendo desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua, e incluso la muerte a las poblaciones pertenecientes a las microcuencas, así como también a los pobladores de la cabecera municipal de La Libertad, Huehuetenango, debido a que de los ríos El Jute y El Naranjo son las principales fuentes de abastecimiento, aunque con las medidas de cloración establecidas, en el caso de la cabecera o purificación si podrían ser aptas para consumo humano.

2.6.4 Determinación de la demanda de agua para uso doméstico y agrícola

Como se puede observar en la figura 18, sobre la encuesta realizada a ochenta y cinco personas de las comunidades que se encontraron presentes en el área de la microcuenca del río El Jute, y las cincuenta y seis personas encuestadas pertenecientes al área de la microcuenca del río El Naranjo, se puede observar que el mayor porcentaje de las personas utilizan el agua para consumo humano,

perteneciendo en un 57% y 41% para las personas de cada una de las microcuencas. De las personas encuestadas, 19 y 13, utilizan el agua para uso doméstico, en los ríos El Jute y El Naranjo, respectivamente. El 13% y 22% que le dan al agua es para uso agrícola, en actividades como riego de almácigos y pequeñas huertas. Por último en un menor porcentaje, y debido al bajo interés de la población de poseer ganado vacuno, equino, caprino y/o aviar, el uso del agua con fines pecuario, es el menos predominante.

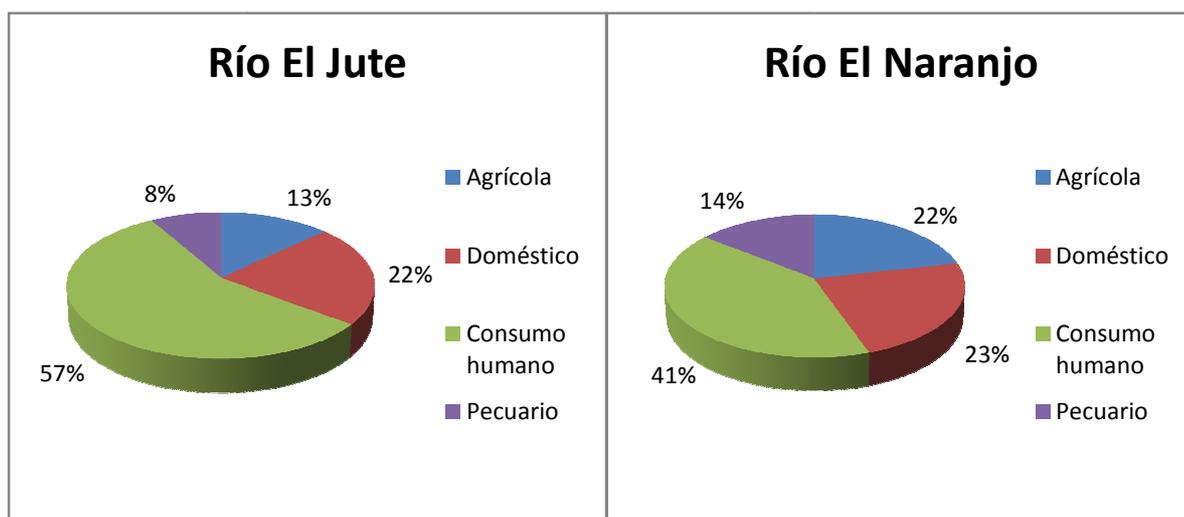


Figura 18. Uso del agua en las microcuencas del río El Jute y El Naranjo.

Las actividades que utilizan el agua para consumo humano, según la figura 19, son predominantes en cada una de las microcuencas, siendo 50 personas en el río El Jute y 24 para El Naranjo. Luego 22 personas (26%) en el río El Jute y 17 (27%) para El Naranjo, utilizan el agua para usos domésticos. Y en un menor porcentaje en las actividades agrícolas 13 personas (15%) el agua es utilizada, y muy cercano a las actividades domésticas, se encuentra el porcentaje (27%) de actividades agrícolas en que el agua es utilizada, según el reporte de 15 personas.

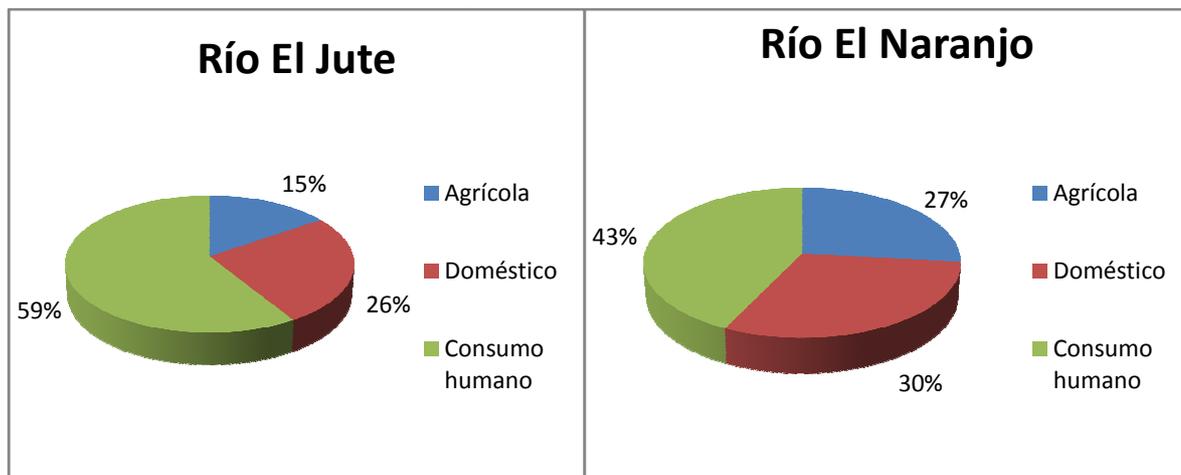


Figura 19. Actividades que conllevan mayor consumo de agua.

La figura 20 indica que existen 55 (65%) y 31 (55%) personas que poseen contadores de agua. Así mismo un 35% y 45% de éstas no cuentan con un dispositivo que permita medir el consumo en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo respectivamente de este recurso, evidenciando que la amplitud en el servicio de agua es limitada.

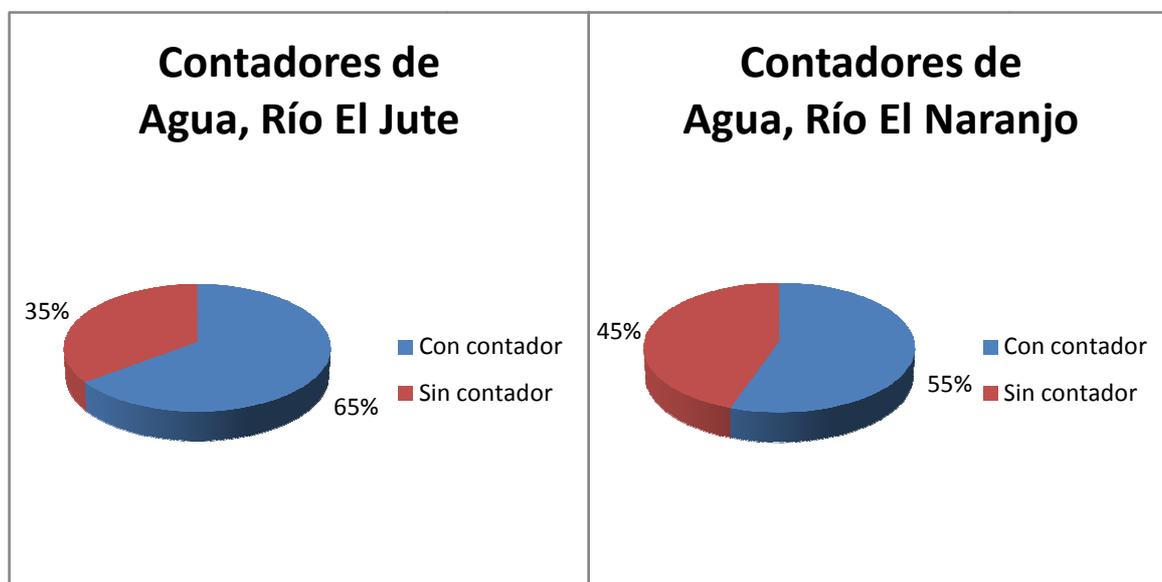


Figura 20. Porcentaje de personas con contador (medidor) de agua.

Según los datos brindados y reflejados en la figura 21 por las personas encuestadas, 34 (62%) y 23 (74%) de éstas no exceden de 30, 000 litros, cantidad establecida por la municipalidad de La Libertad. Un 38% y 26% de las personas paga Q.1.00 extra, por exceder volumen anteriormente citado, en por lo menos 1, 000 litros.

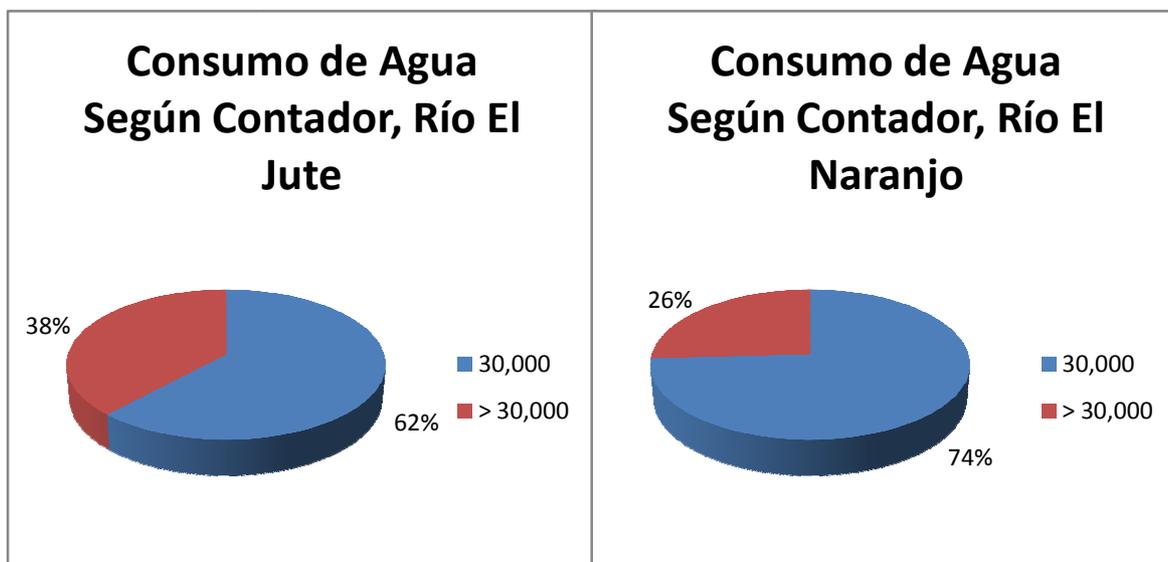


Figura 21. Consumo de agua, por personas con contador.

Según la figura 22, las estimaciones de volumen de agua que no es registrada, en las dos microcuencas se consumen en un 50% alrededor de 100 litros o menos al día, según 8 y 9 personas de los ríos El Jute y El Naranjo. De 100 a 500 litros se consumen al día por un 23% y 14 % de la población que no posee contador. Y 6 personas en cada una de las microcuencas consumen de 500 a 900 litros, representando un 10 %y 12% en los ríos El Jute y El Naranjo. Un 3% y 6% consumen cerca de 1, 000 litros diarios de agua, representando a 2 y 3 personas por río.

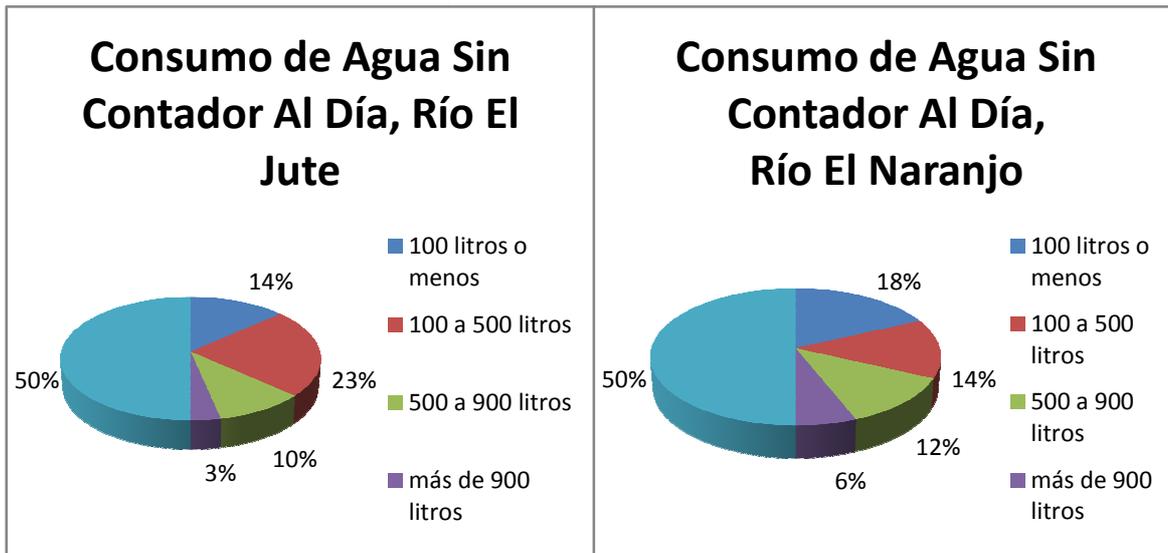


Figura 22. Gasto de agua sin registro al día.

Existen 18 y 12 personas que no utilizan algún método para almacenar agua en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo respectivamente, representando un 50%. Mientras que existen 32 (19%) y 21 (19%) personas que emplean recipientes pequeños (cubetas) para ahorro del recurso. El 15% y 18% emplean toneles, según 26 y 20 personas. Además 9 (5%) y 3 (2%) personas utilizan tinacos, como medio de ahorro, explica la figura 23.

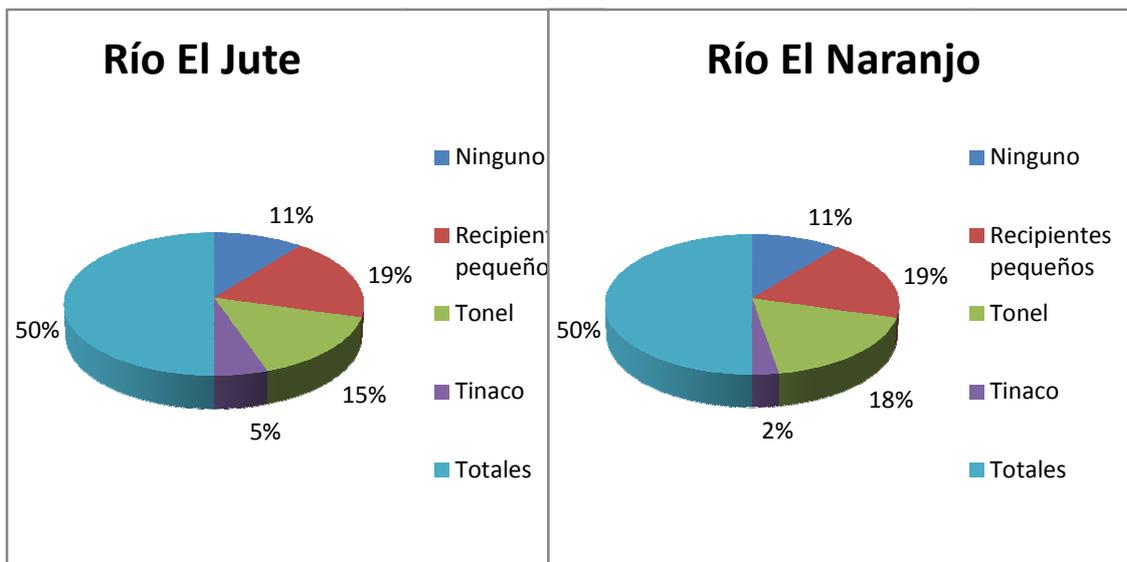


Figura 23. Métodos de almacenaje de agua en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

Los toneles son mayormente utilizados, por la capacidad de almacenaje que poseen según 32 (39%) y 21 (45%) personas. Luego por la poca área ocupada, el 48% se encuentra establecido por recipientes pequeños, por igual porcentaje. Debido a los costos los tinacos de 500 litros son utilizados en un menor porcentaje 10% (7 personas) y 5% (2 personas). Y los tinacos de 1100 litros en minoría, se utilizan en un 3% y 2%, indican datos de la figura 24.

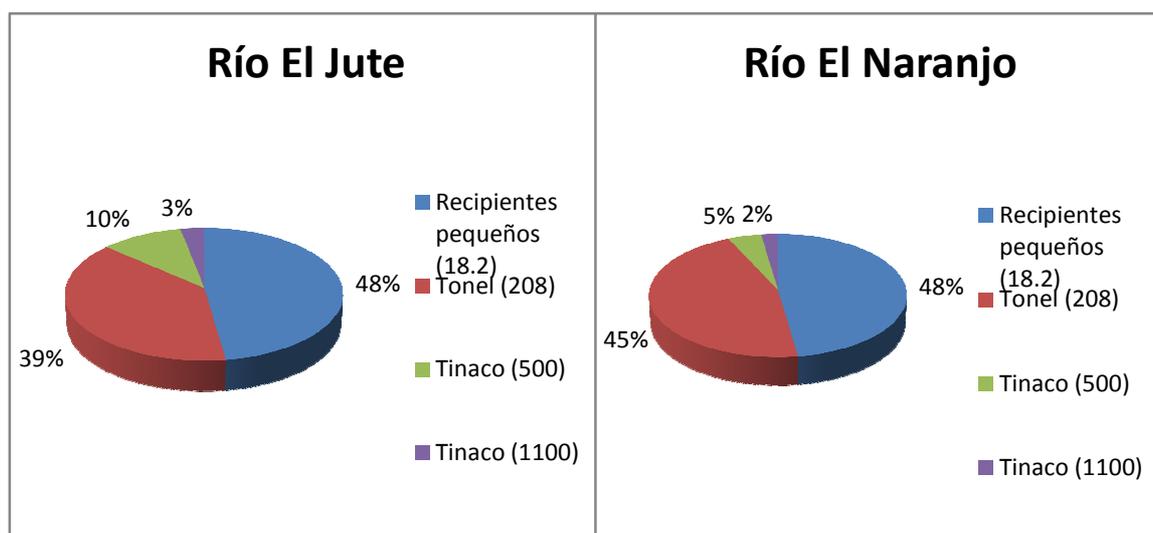


Figura 24. Tipos de recipientes y volumen para el almacenaje de agua.

El 34% y 40% de las personas (34 y 41) en las microcuencas asumen que existe escasez del recurso cada tres meses, seguido de 23 personas (27%) y 13 personas (22%) aseguran que la escasez se presenta una vez al año. La figura 25, indica que el 22% y 21% de las personas reportan que la falta del recurso se establece cada mes. Mientras tanto el 13% y 14% sustentan que en otras frecuencias se da la falta del recurso, por ejemplo cada semana. Para finalizar, 3 (4%) y 2 personas (3%), reportaron que no hay escasez de agua.

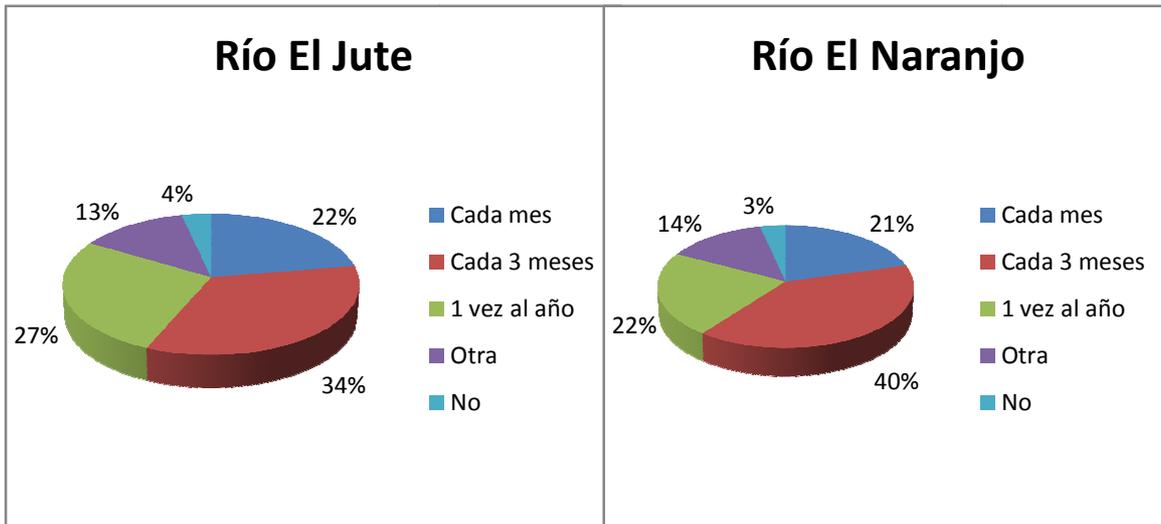


Figura 25. Frecuencia en la escasez de agua en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

En la figura 26, se refleja la situación de la presión de agua, en donde 28 (33%) y 24 personas (40%) de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, indican que la falta de presión en el recurso es cada tres meses, seguido de 23 personas (27%) y 15 personas (27%) afirman que la falta de presión se presenta una vez al año. El 19% y 14% de las personas concluyen que la falta del recurso se establece cada mes. Mientras tanto el 13% y 14% sustentan que en otras frecuencias se da la falta del recurso, por ejemplo cada semana. Y, 7 (8%) y 2 personas (4%), reportaron que no hay escasez de agua.

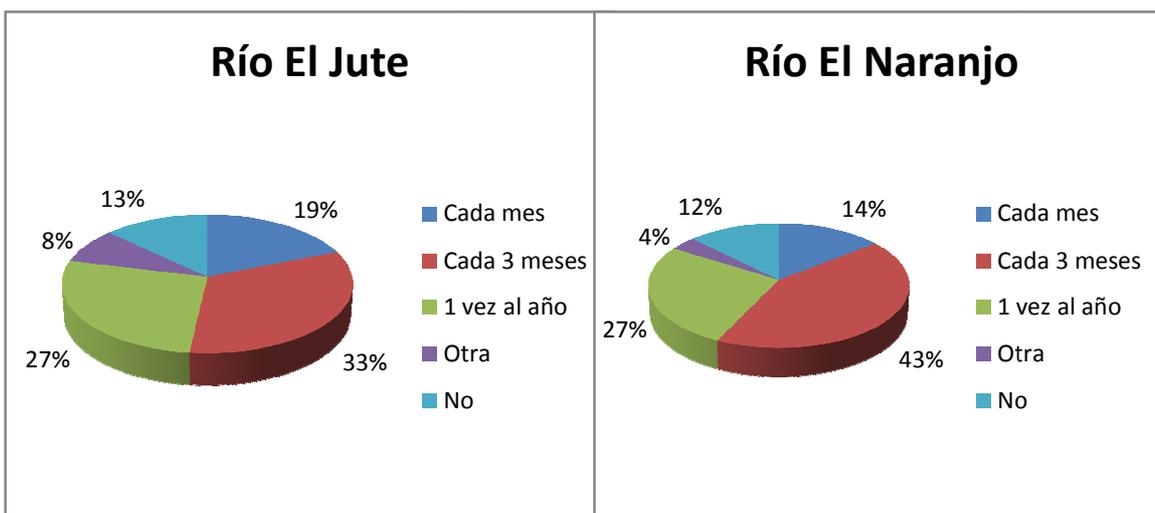


Figura 26. Frecuencia en la falta de presión del servicio de agua en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.

Una de las principales consecuencias que se teme en la escasez de agua, es la baja productividad en la producción de alimentos, así lo reportaron 31 (36%) y 24 (43%) personas. Para el 20% y 11% de personas creen que, se podría ver afectada la insalubridad, así también en el río El Naranjo se teme que se presente sequía en 11 (20%) personas, y 16 personas (19%) en río El Jute. Según la figura 27 las enfermedades preocupan en un 14% y 16%. Por último se encuentran en otras consecuencias en un 3% para el río El Naranjo, y no es evidente en El Jute.

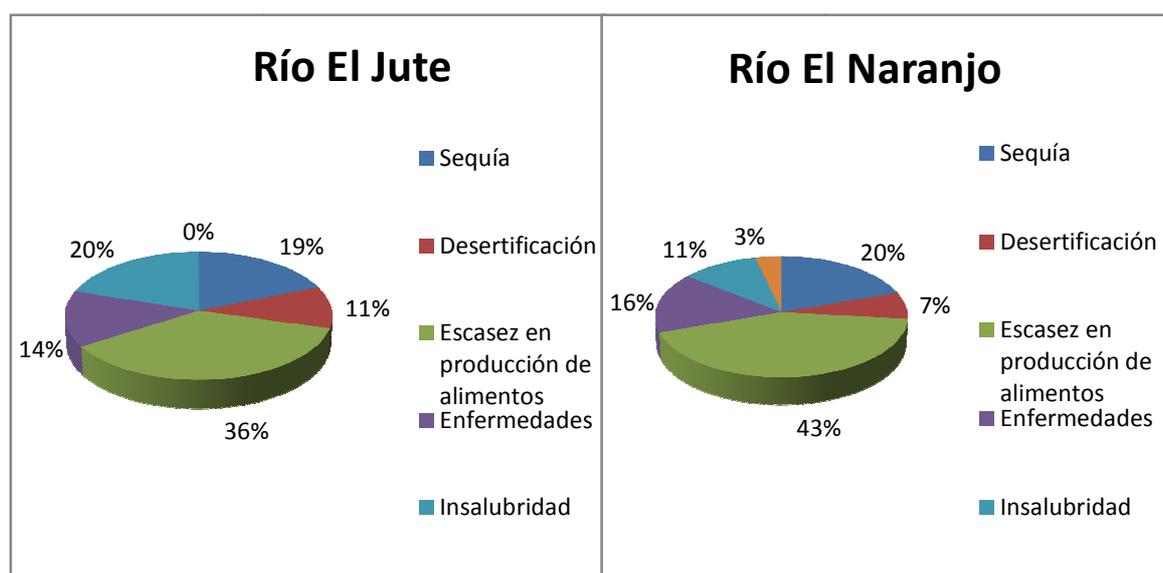


Figura 27. Consecuencias de la escasez de agua.

Acerca de la forma de pensar que si el agua constituye un problema ambiental, la mayoría de personas piensan en un 91% (77 personas) en el río El Jute, y 87% (49 personas), que si representa una dificultad en el ambiente, según figura 28.

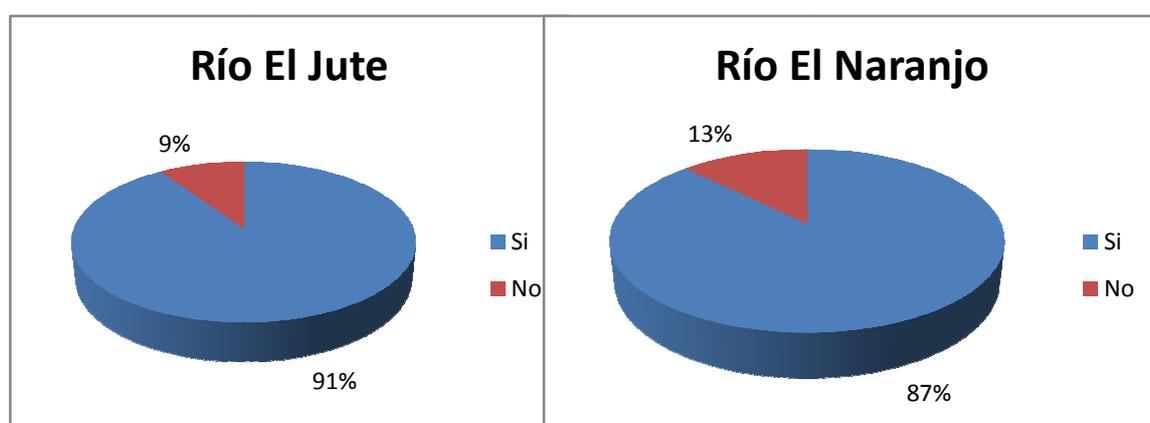


Figura 28. Opinión del agua en los como problema ambiental en los ríos El Jute y El Naranjo.

Para las personas del río el Jute y El Naranjo justifican que la distribución es uno de los principales causantes en cuanto a la tenencia del agua, según 26 (34%) y 19 (39%) personas. Luego en para el primero de los ríos se cree que existe problemas de sobre explotación en 30%, y en un 16% para el segundo de los ríos, basándose en la información de la figura 29. La cantidad de personas que tienen la opinión de existen problemas de contaminación en los ríos son 11 personas (14%) y 6 personas (12%). Para otra parte de los encuestados, son otros los justificantes del problema del agua, por ejemplo la falta de inversión para ampliar la red de distribución de la misma, esto en un 12% y 23%.

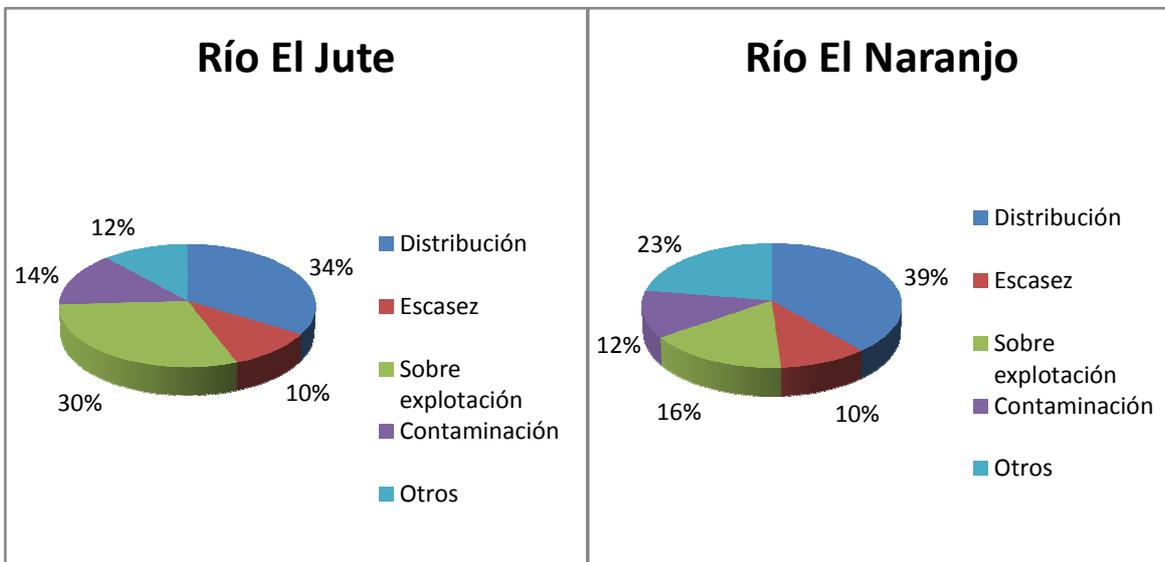


Figura 29. Justificación del problema del agua.

En la figura 30, se muestran los porcentajes de las personas que opinan que los ríos El Jute y El Naranjo se encuentran contaminados, según 69 personas (81%) para el primero de los ríos, y 42 personas para el segundo, que hacen el 75%, al indicar que se usan los afluentes de éstos como vertederos de basura y de aguas mieles den el proceso de beneficio de café.

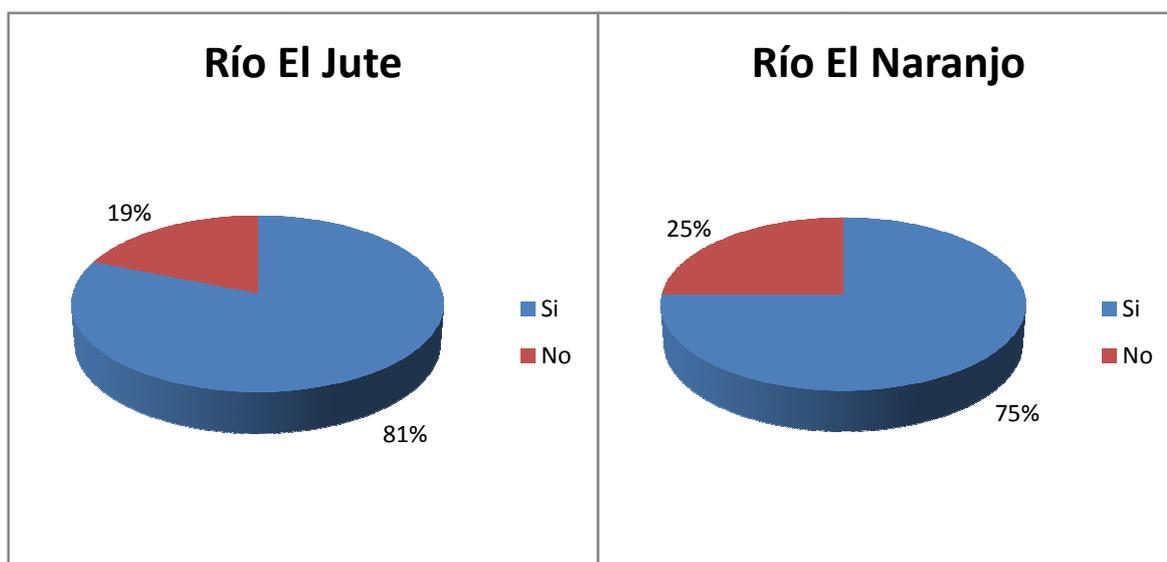


Figura 30. Opinión sobre la contaminación del agua.

Los encuestados piensan que se debe realizar un cambio en el uso del agua a nivelo personal, según el 46% y 35% de las personas. Según la figura 31, 25 (29%) y 16 (28%) personas, creen que se debe de hacer un cambio en el uso del agua en casa, como en actividades del hogar y limpieza de vehículos.

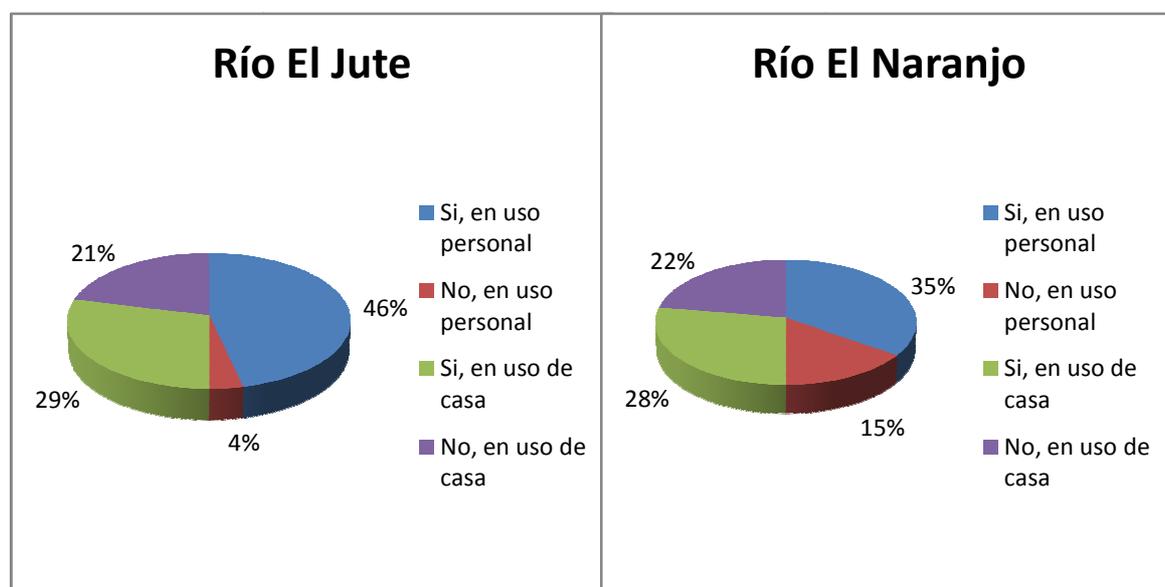


Figura 31. Opinión sobre la necesidad de hacer cambios en el uso del agua.

La figura 32, muestra que en el 20% y 36% de los encuestados, se abstendrían de realizar cambios en sus actividades para mejorar el uso del agua. Un 38% (32 personas) y 21% (12 personas) proponen el no desperdiciar el recurso, y emplearlo de una manera más racional. La reutilización obtuvo el 23% en cada una de las microcuencas, para 20 y 13 personas. Por último se propuso el uso de agua de lluvia en un 19% y 20%.

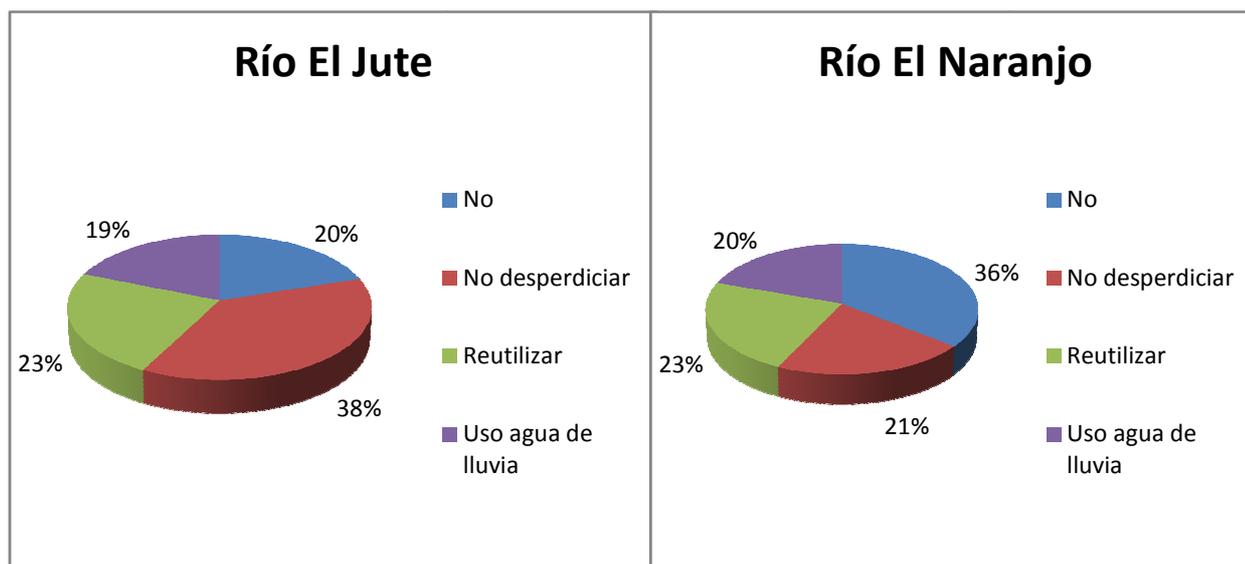


Figura 32. Alternativas para mejorar el uso del agua.

Los fondos, se creen que serían la principal de las herramientas para proponer un cambio de uso del agua, según 51 (60%) y 27 (48%) personas, porque ven que se debe de realizar una inversión para que suceda el cambio. Un 17% y 30% de los encuestados indicaron que estarían dispuestos a recibir cursos y capacitaciones para aprender métodos y técnicas para el cambio del uso del agua. 18 (21%) 12 (22%) de las personas de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, respondieron que la disponibilidad tanto de autoridades como de pobladores, se podría implementar como herramienta, debido a que existe una falta de interés en este sentido. Mientras tanto 2 personas, que representan el 2% en el río El Jute, propusieron que la principal herramienta es el interés que debe de existir por parte de las autoridades municipales, según las gráficas de la figura 33.

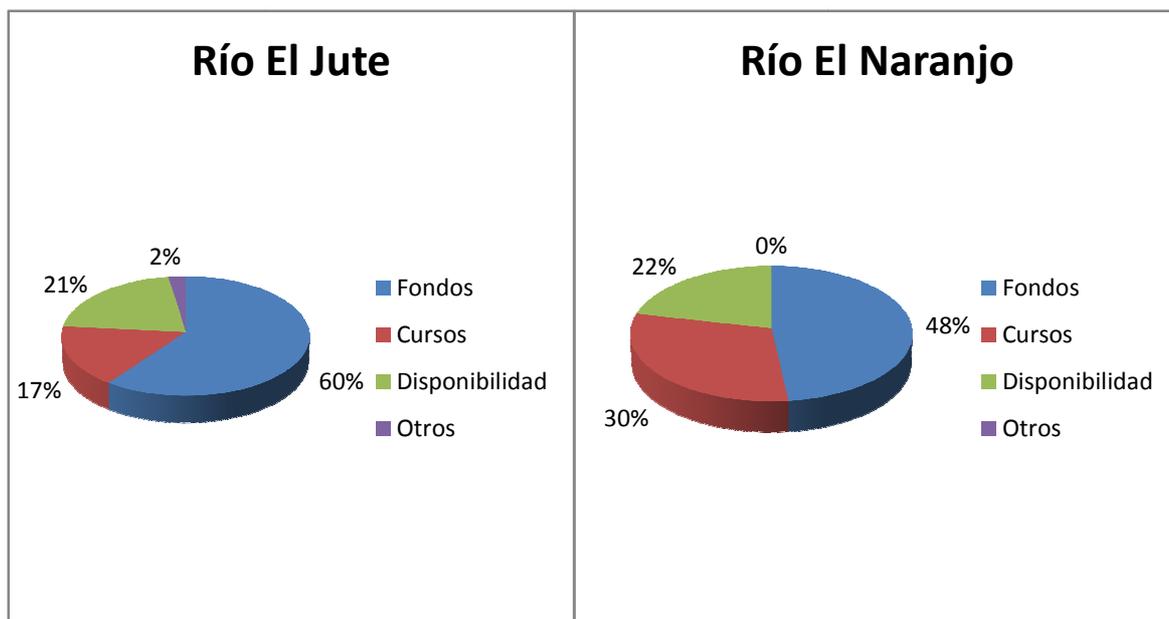


Figura 33. Alternativas como herramientas para realizar cambios en el uso del agua.

La figura 34 indica que en un 26% (22 personas) y 22% (12 personas), estarían dispuestas a implementar cambios en el uso del agua en un tiempo de un año, en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo. En seis meses 20 (24%) y 19 (34%) de las personas realizarían cambios para utilizar de manera eficiente el recurso. El 14% de los encuestados está en la disposición de establecer cambios de uso en el recurso en un tiempo de un mes. En un 28% y 25%, las personas establecerían estos cambios, en un tiempo indeterminado, en cada una de las microcuencas, respectivamente. Existen también 7 (8%) y 3 (5%) personas que no implementarían cambios para utilizar de buena manera el agua.

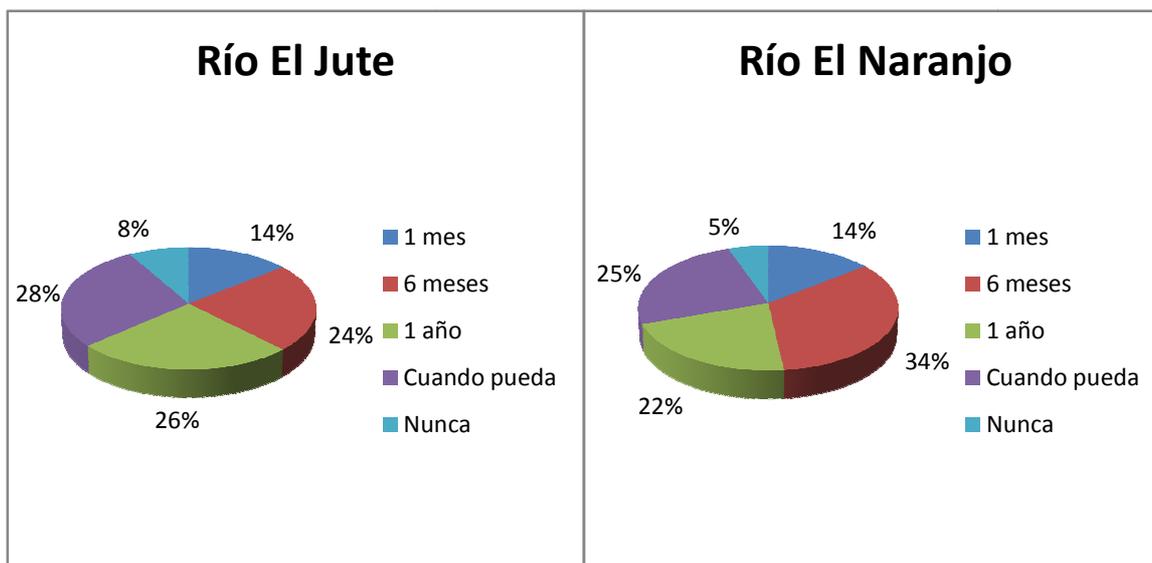


Figura 34. Tiempo dispuesto para implementar cambios en uso del agua.

2.6.5 Identificación de zonas con riesgo de contaminación dentro de las áreas de las microcuencas del río El Jute y el río El Naranjo, en el municipio de La Libertad, Huehuetenango.

La contaminación del agua según las autoridades de salud y grupos organizados locales, se presenta por el mal manejo de desechos sólidos, malas prácticas agrícolas y la falta o el mal uso de letrinas en las comunidades debido a la falta de drenajes, esos desechos en algunos casos son liberados al río.

El cauce principal arrastra muchos desechos sólidos y sedimentos por el mal manejo de los mismos, pues se observaron basureros clandestinos en orillas de las microcuencas y se obtuvo información que en algunos lugares de la parte media de las microcuencas se vertían directamente los desechos del beneficiado de café a los ríos, principalmente en las aldeas El Trapichillo y El Sauce para la microcuenca del río El Jute, y las aldeas El Naranjo y Santo Domingo para la microcuenca del río El Naranjo. Las malas prácticas agrícolas y el mal manejo de los desechos de humanos en época lluviosa son arrastrados por la escorrentía y finalmente depositados en los ríos.

En la mayoría de comunidades no se cuenta con un servicio de tren de aseo, principalmente en las que se encuentran alejadas de la cabecera municipal, que se encargue de hacer la colecta de basura y su adecuado manejo en áreas que reduzca la contaminación de la microcuenca, por lo cual los pobladores no tiene un manejo de los misma y la tiran en lugares que no son los adecuados, con lo que provocan y que resultan como fuente de contaminación a las comunidades que se encuentran cuenca abajo.

Para el caso de la microcuenca del río El Jute las zonas con riesgo de contaminación, se ubican en cinco diferentes áreas, principalmente en donde se encuentran establecidas las comunidades de la parte baja, a la parte media. En la microcuenca del río El Naranjo, son dos las zonas que representan riesgo, éstas se ubican en la aldea el Rodeo, por el motivo de que en los dos manantiales se presenta la invasión de ganado equino y vacuno, estos representan un importante foco de contaminación, y presenta un realce debido a que de estos manantiales se obtiene el agua para abastecer a la cabecera municipal.

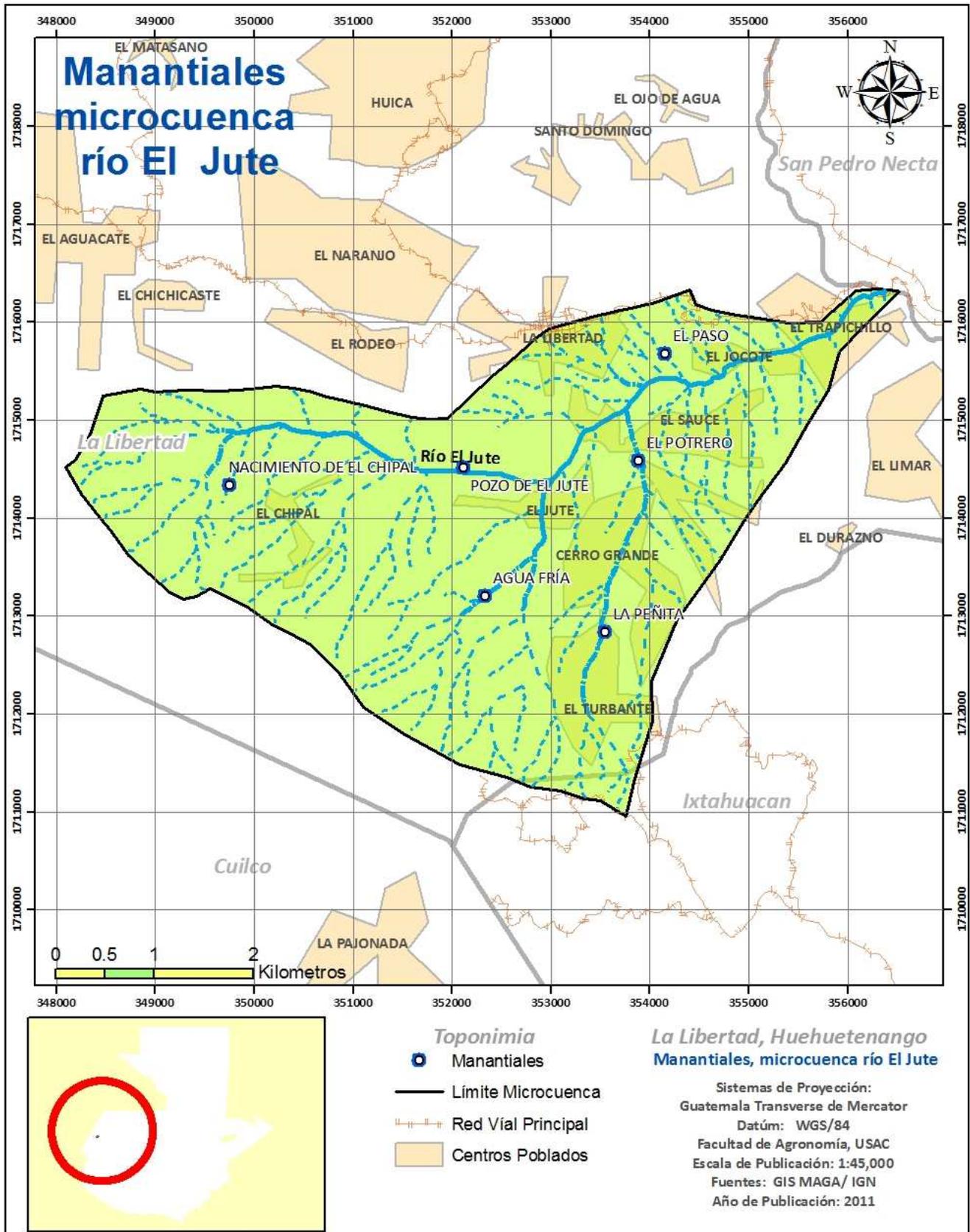


Figura 35. Ubicación de manantiales dentro de la microcuenca del río El Jute.

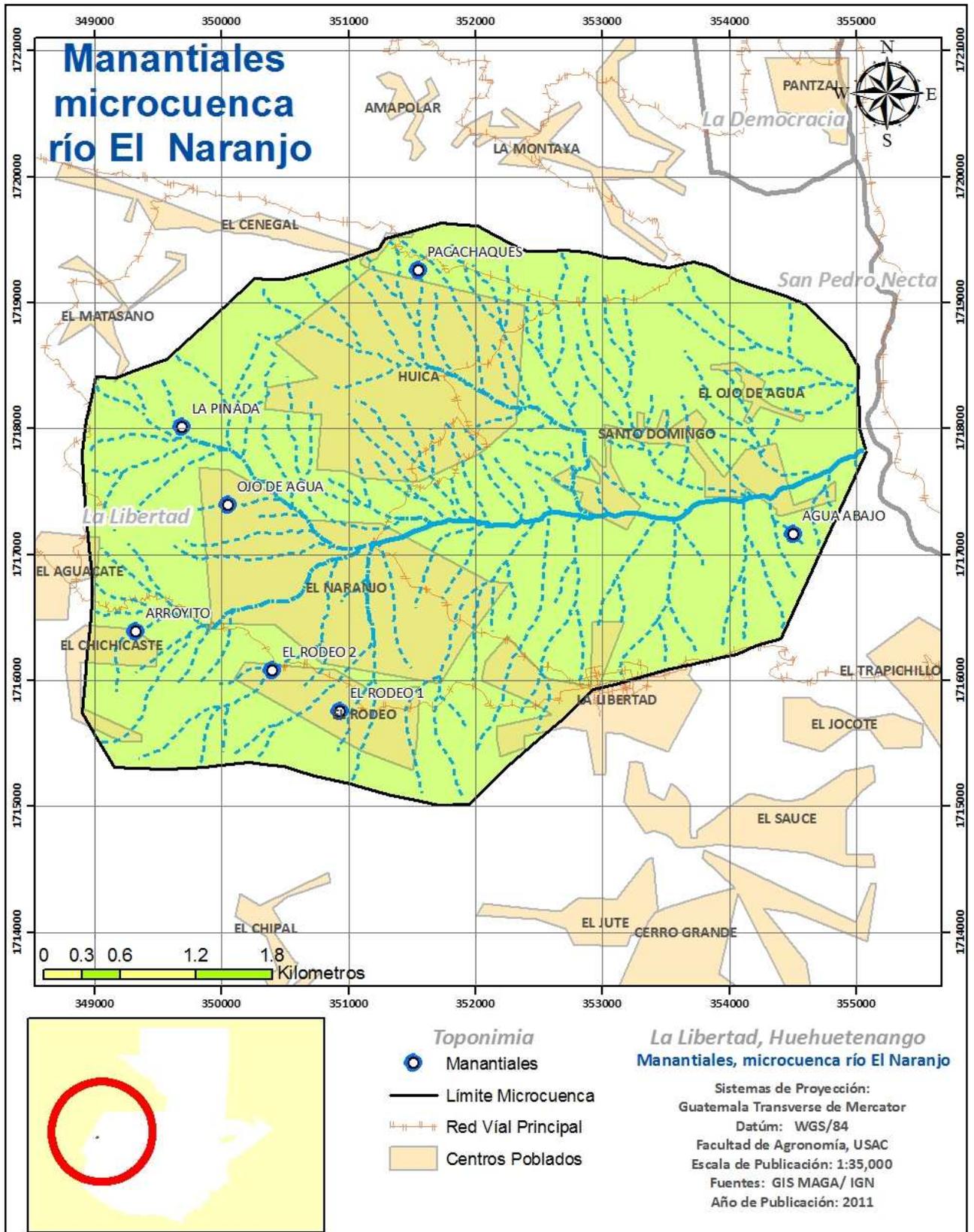


Figura 36. Ubicación de manantiales dentro de la microcuenca del río El Naranjo.

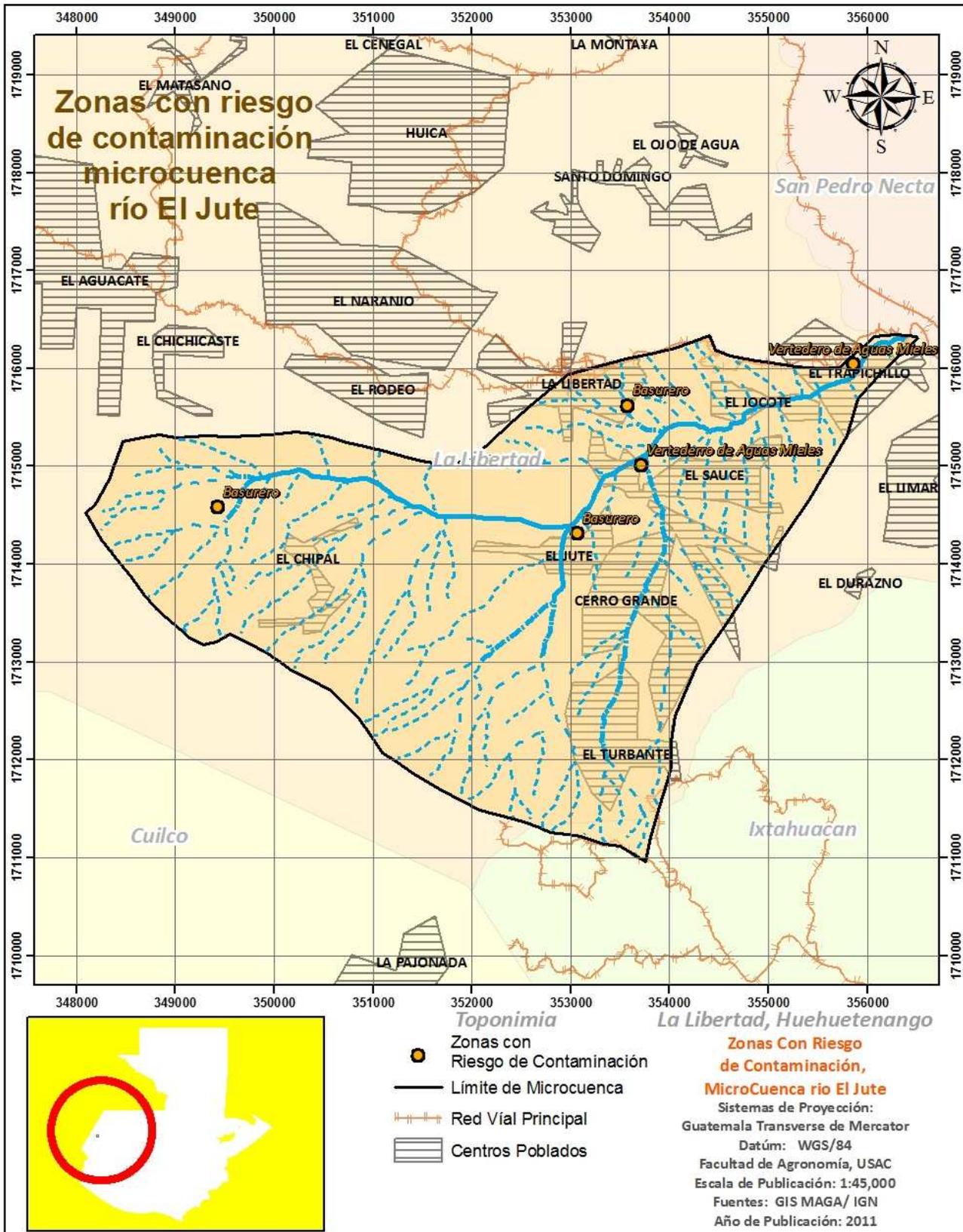


Figura 37. Ubicación de zonas con riesgo de contaminación dentro de la microcuenca del río El Jute.

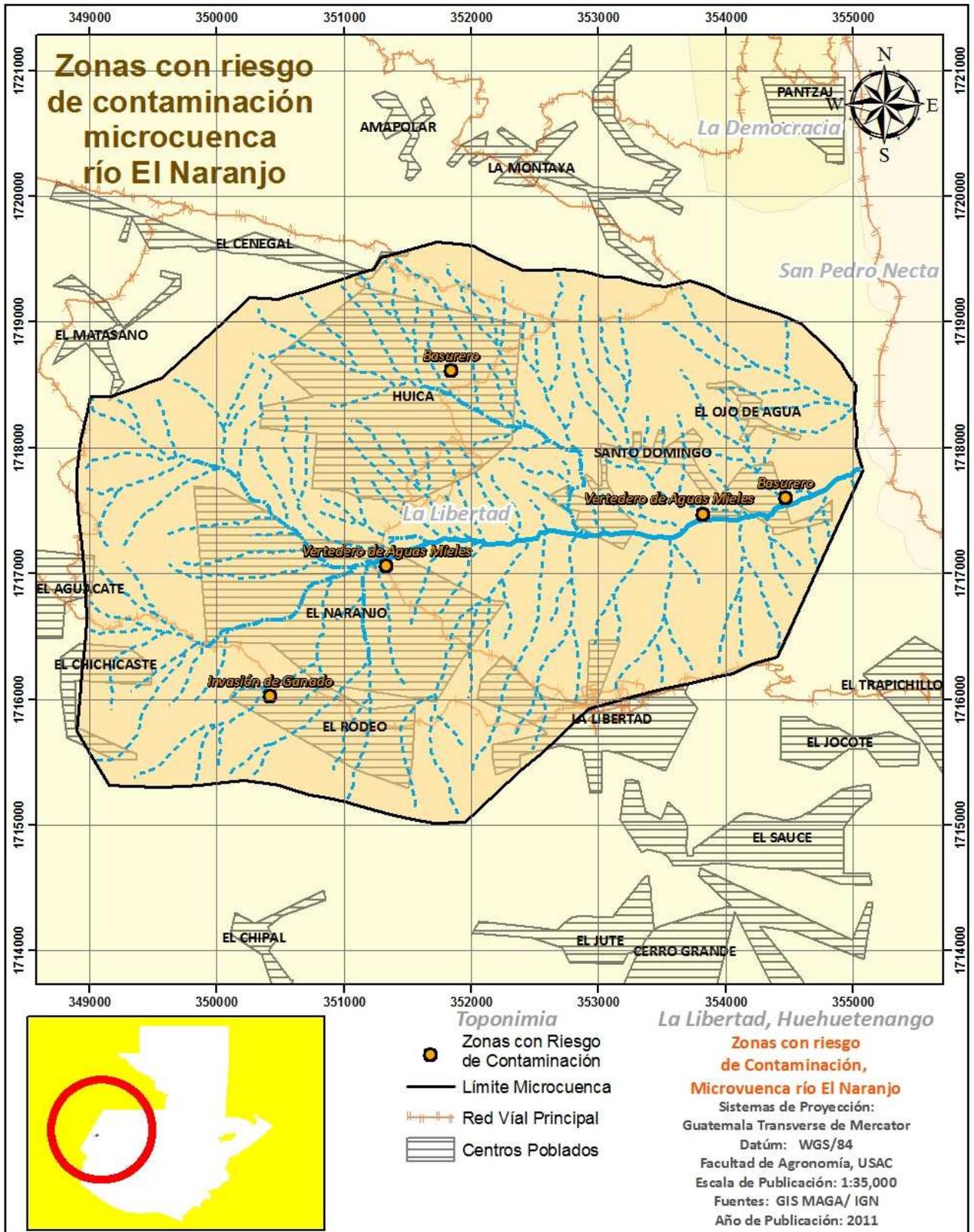


Figura 38. Ubicación de zonas con riesgo de contaminación dentro de la microcuenca del río El Naranjo

2.7 CONCLUSIONES

1. Las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, según la curva hipsométrica, se establece que se encuentran en una etapa madura. Para la microcuenca del río El Jute presenta con forma alargada. En el río El Naranjo, tiene una relación de forma de 043, calificándole de forma ovalada. La primera microcuenca cuenta con un área de 22.3Km^2 , 1 corriente permanente, 23 intermitentes y 76 efímeras, definiéndola de orden cuatro. Posee un coeficiente de robustez de 236, coeficiente de relieve alto, alta densidad de drenaje, con pendientes de amplio escarpe, susceptible a la erosión hídrica. En la segunda microcuenca, posee un área aproximada de 21.2Km^2 , 1 corriente permanente, 27 intermitentes y 94 efímeras, de orden cuatro. Pendiente del cauce principal de 23%, con velocidad del flujo de las corrientes alto.
2. De acuerdo con los parámetros físicos y químicos, estos se encontraron dentro del límite máximo aceptable y permisible según la norma COGUANOR de agua potable para consumo humano, a excepción del parámetro de turbiedad para las muestras de la del río El Naranjo, porque el agua se encontraba ligeramente turbia, al igual que el grado moderadamente elevado en el pH, que está por encima del límite máximo permisible, pero cumplen con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. Sin embargo los análisis microbiológicos según la misma norma, las aguas no son aptas para el consumo humano, debido al alto grado en los niveles de coliformes fecales.
3. En el río El Jute el caudal es de $4.16\text{m}^3/\text{s}$, para el río El Naranjo es de $1.852\text{m}^3/\text{s}$. Los caudales máximos fueron reportados en los meses de agosto y septiembre, donde se presentó una mayor precipitación pluvial. Para el mes de abril en el río El Jute, se encuentra el caudal mínimo del año hidrológico, y en marzo para el río El Naranjo. La primera de las microcuencas, cuenta con

una escorrentía de - 3945.37 mm, una precipitación promedio anual de 1,813.8mm y una evapotranspiración potencial de 1449.28mm. Para la del río El Naranjo se establecieron una precipitación promedio anual de 1617.82mm, escorrentía de -1283.68mm y evapotranspiración potencial de 1617.6mm. Se puede indicar la influencia de una cuenca superior que utilice como sistema de drenaje cada una de estas microcuencas por medio de aguas subterráneas, de esta misma cuenca superior, debido a la evidencia de valores elevados en la escorrentía.

4. Según el análisis se determina que las personas consumen menos de 100Lt/día/persona. A las personas que tienen medidor la municipalidad les brindan una paja de agua igual a 30m³/mes. Existen áreas calificadas como cafetaleras, el recurso es utilizado únicamente en la fase de almácigo, utilizando un 1100Lt/plántula. Los pobladores implementan métodos para el ahorro de agua, a pesar de que la población cree que el recurso se encuentra contaminado. Se cree que hay problemas en la distribución del mismo.

5. El manantial de la aldea El Rodeo, presenta focos de contaminación, por la invasión de animales en el lugar. Otro factor importante es que en la temporada de cosecha de café, se vierten las aguas mieles al cauce de los ríos, aunque este aspecto se ha reducido, debido a que para conseguir una certificación de este cultivo se debe de contar con fosas para el almacenamiento de estas aguas.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Se debe de realizar un estudio para obtener información sobre el balance hídrico de suelos, porque es importante complementar la información del balance hidrológico, para ejecutar una comparación y estimación de la recarga hídrica de las microcuencas y determinar las áreas críticas de susceptibilidad de recarga natural, en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo.
2. Implementar monitoreos diarios o semanales del caudal en los puntos de aforo de cada uno de los ríos durante el ciclo hidrológico, con la finalidad de obtener datos que tengan una mayor confiabilidad sobre la recarga hídrica en cada una de las áreas. También se debe de realizar aforos de los principales manantiales de las microcuencas, para poder implementar un manejo adecuado de éstos, y conocer el aporte de éstos en cada una de las áreas.
3. Realizar y establecer concientización por medio de campañas, para la educación ambiental, que permita reducir el nivel de contaminación en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, que puedan dar como resultado un aumento en las enfermedades, relacionadas con el consumo de agua.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, S. 2004. Ingeniería de aguas. Tesis MSc. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 1 CD.
2. Cardona, L. 2006. Contribución al Programa de Investigación de Hidrología Forestal del Instituto Nacional de Bosques –INAB–, desarrollado en la microcuenca Río Frío, Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz. Trabajo Graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC. 160 p.
3. CATIE, CR. 1993. Curso de rehabilitación de cuencas hidrográficas. Turrialba, Costa Rica. 59 p.
4. Custodio, E; Llamas, M. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, España, Omega. v. 1-2, 235 p.
5. Fuentes, J. 2005. Determinación de las principales áreas de recarga hídrica natural y de la calidad de agua en la microcuenca del río Cotón, Baja Verapaz. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 199 p.
6. Gil, E. 2008. Diagnóstico de los recursos naturales y caracterización del recurso hídrico superficial de la subcuenca río Hondo, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 109 p.
7. Herrera Ibáñez, IR. 2011. Manual de hidrología. 2 ed. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 259 p.
8. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 2003. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. 1 CD.
9. Letterman, R. 2002. Calidad y tratamiento del agua, manual de suministros de agua comunitaria. Madrid, España, McGraw-Hill / Interamericana. 1,231 p.
10. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 2001. Manual para la caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas: la cuenca es la cuna del agua. Guatemala, MAGA, Unidad de Normas y Regulaciones, Área de Agua y Suelo. 52 p.
11. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); UNOR (Unidad de Normas y Regulaciones, Área de Agua y Suelo, GT). 1999. Manual para la caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas. Guatemala. 63 p.
12. Maldonado, B. 2004. Determinación de la recarga hídrica y propuesta de lineamientos de protección de los recursos naturales, aldea Chojzunil, Santa Eulalia, Huehutenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 95 p.

13. Ortega, M. Comparación de aspectos técnicos y socioeconómicos de 4 sistemas de captación de agua de lluvia en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz. Trabajo Graduación Ing. Agr. Guatemala, USAC. 195 p.
14. Padilla Cámbara, TA. 2002. Evaluación del potencial hídrico en la microcuenca del río Cantil, para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en la finca Sabana Grande, El Rodeo, Escuintla, Guatemala. Tesis MSc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 137 p.
15. Plaster, E. 2000. La ciencia del suelo y su manejo. Madrid, España, Paraninfo. 419 p.
16. Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. San José, Costa Rica, GTZ / IICA. 338 p.
17. Santos, G. 2005. Introducción a los sistemas de información geográfica; material de apoyo al curso; sistemas de información geográfica. Guatemala, FAUSAC. 25 p.

2.10 APÉNDICES

1. ¿Enumere 10 actividades en las que utilice el agua en su casa?

- | | |
|------------|-------------|
| I. _____ | VI. _____ |
| II. _____ | VII. _____ |
| III. _____ | VIII. _____ |
| IV. _____ | IX. _____ |
| V. _____ | X. _____ |

2. ¿En qué actividad considera usted que utilice más agua?

- I. _____
- II. _____
- III. _____

3. ¿Tienen contador en su casa?

_____ Si _____ No

4. En caso de que SI tenga contador:

- ¿Cuánta agua se gastó en su casa el mes pasado? _____

En caso de que NO tenga contador:

- ¿Cuánta agua calcula que se gasta en su casa en un día?

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| a) 100 litros o menos | b) 500 a 900 litros |
| c) 100 a 500 litros | d) más de 900 litros |

5. ¿Utiliza algún método para ahorrar agua? ¿Cuál?

6. ¿Su casa cuenta con algún recipiente para almacenar agua?

_____ Si, su capacidad es de: _____

_____ No

7. ¿Se ha quedado sin agua?

_____ Si: _____ cada mes _____ cada 3 meses _____ 1 vez al año

Otra: _____ No

8. ¿Se ha quedado sin presión de agua?

_____ Si: _____ cada mes _____ cada 3 meses _____ 1 vez al año Otra: _____

_____ No

9. Seleccione las consecuencias que Ud. considera podría tener la escasez del agua:

_____ Sequía

_____ Desertificación

_____ Escasez en la producción de alimentos

_____ Enfermedades

_____ Insalubridad

Otra: _____

10. ¿Considera que el agua es un problema ambiental en La Libertad, Huehuetenango?

_____ Si _____ No

Si, contestó que Si, por favor indique cuál sería el problema del agua en el municipio.

_____ Distribución

_____ Escasez

_____ Sobre explotación

_____ Contaminación

_____ Otros: _____

11. ¿Considera que el agua en el municipio de La Libertad, Huehuetenango se encuentra contaminada?

_____ Si _____ No

12. ¿Cree Ud. que existe la necesidad de hacer cambios en su uso de agua?

Personal: Si _____ No _____

De su casa: Si _____ No _____

13. ¿Estaría dispuesto a implementar cambios en su persona y en su casa?

Si _____ No _____

14. Si, la respuesta es Sí, ¿qué cosas pudiera cambiar para mejorar su uso del agua?

15. ¿Qué herramientas requiere para implementar los cambios?

Fondos _____ Cursos _____ Disponibilidad _____

Otros _____

16. ¿En cuánto tiempo estaría dispuesto a implementar estos cambios?

Un mes _____ 6 meses _____ 1 año _____

Cuando pueda _____ Nunca _____



CAPÍTULO III: SERVICIOS

INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LAS MICROCUENCAS DEL RÍO EL JUTE Y RÍO EL NARANJO, EN EL MUNICIPIO DE LA LIBERTAD, DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.

3.1 PRESENTACIÓN

La División Municipal de Planificación (DMP), tiene la misión de llevar a cabo proyectos para el desarrollo municipal en La Libertad, Huehuetenango, madurando y consolidando diversos programas de intervención alrededor de una actividad concreta, tomando en cuenta los aspectos culturales de la región.

En tal sentido los servicios son uno de los componentes del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía (EPSA), cuyo objetivo principal es que el estudiante entre en contacto directo con personas de las comunidades, quienes al final de cuentas fueron los que financiaron su formación académica. Como una forma de retribuir de manera directa esta ayuda el EPSA, pretende que el estudiante preste una serie de servicios que contribuirán de manera directa e indirecta a mejorar las condiciones de vida de las poblaciones.

Uno de los servicios planificados que se presentó, forma parte de la planificación de la estrategia de intervención de la División Municipal de Planificación, en distintas áreas del municipio de La Libertad, Huehuetenango; el cual consiste en el desarrollo de talleres de educación ambiental, haciendo énfasis en el área de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, debido al recurso hídrico que se aprovecha en éstas dos áreas.

De igual manera, el segundo servicio planificado, se realizó en las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranjo, el cual consistió en la presentación de análisis microbiológico, análisis químico sanitario y físico sanitario, para poder evaluar la calidad del recurso hídrico en cada uno de los ríos.

Ambos servicios se llevaron a cabo durante el período de febrero a diciembre de 2010, con el apoyo de División Municipal de Planificación (DMP), el Área de Salud y la Facultad de Agronomía (FAUSAC).

3.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS RÍOS EL JUTE Y EL NARANJO, LA LIBERTAD, HUEHUETENANGO.

3.2.1 Objetivo

3.2.2 Objetivo general

- Conocer la calidad de los recursos hídricos de los ríos El Jute y El Naranjo, La Libertad, Huehuetenango.

3.2.3 Objetivos específicos

- Conocer las características microbiológicas, químicas sanitarias y físicas sanitarias, en los ríos El Jute y El Naranjo, La Libertad, Huehuetenango.
- Generar bases de datos de las características microbiológicas, químicas sanitarias y físicas sanitarias, para realizar un manejo integral en los ríos El Jute y El Naranjo, La Libertad, Huehuetenango.

3.2.4 Metodología

3.2.4.1 Planificación de muestreos

La planificación de los muestreos para evaluar la calidad del recurso hídrico en las microcuencas de los ríos el Jute y El Naranjo, se realizó juntamente con el Profesor Fredy Rocael Matta Pérez, Inspector de Saneamiento Ambiental del municipio de La Libertad, Huehuetenango, realizado en la primera semana del mes de junio año 2010, para poder determinar un número mayor de parámetros que indican la calidad de agua para consumo humano, tomando en cuenta únicamente coliformes fecales, para el caso del análisis microbiológico, debido a la limitada capacidad del Laboratorio de Vigilancia de La Calidad del Agua de la Dirección de Área de Salud, de Huehuetenango.

Para el caso de los análisis químicos sanitarios y físicos sanitarios, se evaluaron los siguientes parámetros:

Parámetros químicos

- ✓ Cloro residual
- ✓ Cloruro (Cl^-)

- ✓ Dureza total (CaCO₃)
- ✓ Sólidos disueltos
- ✓ Sulfato (SO₄^{- 2})
- ✓ Fluoruro
- ✓ Hierro total (Fe)
- ✓ Manganeso (Mn)
- ✓ Nitrato (NO₃⁻)
- ✓ Nitrito (NO₂⁻)
- ✓ Amoníaco (NH₃)
- ✓ Sólidos totales
- ✓ Sólidos volátiles
- ✓ Sólidos fijos
- ✓ Sólidos en suspensión

Parámetros físicos

- ✓ Color
- ✓ Olor
- ✓ Sabor
- ✓ Aspecto
- ✓ Turbiedad
- ✓ T°
- ✓ Conductividad eléctrica
- ✓ Potencial de hidrógeno (pH)

3.2.4.2 Tabulación de datos

La tabulación de los datos o parámetros evaluados antes mencionados se procedió principalmente tabulando los resultados obtenidos por medio de los análisis realizados en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra. Alba Tabarini Molina”, del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.2.5 Resultados

Cuadro 25. Resultados de evaluación microbiológica de las microcuencas.

Río El Jute					Río El Naranjo				
Nombre del sitio de muestreo	Coliformes fecales / 100ml				Nombre del sitio de muestreo	Coliformes fecales / 100ml			
	Norma Coguanor	No. de muestra	Vol. (ml)	Contaje (No. Colonias)		Norma Coguanor	No. de muestra	Vol. (ml)	Contaje (No. Colonias)
Caserío La Hamaca (parte baja)	< 2 NMP/100 ml	1638	100	36	Champen Ojo de Agua (parte baja)	< 2 NMP/100 ml	1637	100	496
Puente El Jute (parte media)	< 2 NMP/100 ml	1631	100	Incontables	Aldea El Naranjo I (parte media)	< 2 NMP/100 ml	1636	100	544
Rinconada El Jute (parte alta)	< 2 NMP/100 ml	1632	100	Incontables	Aldea El Chichicast e (parte alta)	< 2 NMP/100 ml	1635	100	Incontables

Fuente: elaboración propia.

El cuadro número 25, indica que en base a la norma guatemalteca **Coguanor** (NGO 29001), para análisis microbiológico de agua potable, todas las muestras analizadas se encuentran fuera de los límites establecidos, debido a que éste parámetro es mayor a límite máximo aceptable, el cual debe de ser menor a dos.

Cuadro 26. Resultados de la evaluación química sanitaria de las microcuencas.

Parámetro	Unidad	Normas Coguanor		Río El Jute		Río El Naranjo	
		LMA	LMP	Parte Alta	Parte Media	Parte Alta	Parte Media
Cloro residual	mg/L	0.50	1.00	---	---	---	---
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	100.00	250.00	5.00	6.00	5.00	5.50
Dureza total (CaCO ₃)	mg/L	100.00	500.00	200.00	200.00	200.00	200.00
Sólidos disueltos	mg/L	500.00	1000.00	183.00	191.00	181.00	176.00
Sulfato (SO ₄ ⁻²)	mg/L	100.00	250.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fluoruro	mg/L	---	1700.00	0.08	0.01	0.06	0.00
Hierro total (Fe)	mg/L	0.100	1000.00	0.01	0.04	0.02	0.03
Manganeso (Mn)	mg/L	0.050	0.500	0.053	0.004	0.001	0.054
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	---	10.00	2.64	3.30	3.08	2.86
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	---	1.00	0.003	0.005	0.004	0.004
Amoniaco (NH ₃)	mg/L	---	< 1.5	0.02	0.02	0.05	0.07
Sólidos totales				196.00	205.00	201.00	192.00
Sólidos volátiles				7.00	8.00	11.00	9.00
Sólidos fijos				189.00	197.00	190.00	183.00
Sólidos en suspensión				2.00	1.00	2.00	2.00

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los parámetros químicos determinados en el análisis de laboratorio y para los puntos de muestreo, al compararlas con los límites máximos aceptables y límites máximos permisibles establecidos por **Coguanor**, los parámetros considerados de la microcuenca del río El Jute son aceptados y cumplen con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua según dictamen del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria “Dra.

Alba Tabarini Molina”, del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala..

Cuadro 27. Resultados de la evaluación física sanita de las microcuencas.

Parámetro	Unidad	Normas Coguanor		Río El Jute		Río El Naranjo	
		LMA	LMP	Parte Alta	Parte Media	Parte Alta	Parte Media
Color	U	5.0	35.00	1.00	2.00	4.00	7.00
Olor	No rechazable	---	---	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Sabor	No rechazable	---	---	---	---	---	---
Aspecto		Clara		Claro	Claro	Lig. Turbia	Lig. Turbia
Turbiedad	UNT	5.00	15.00	5.49	8.09	14.20	22.70
T°	°C	15.0-25.0	34.0	---	---	---	---
Conductividad eléctrica	µS/m	---	< 1500	345.00	361.00	341.00	333.00
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidades	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	7.68	8.25	8.39	8.39

Fuente: elaboración propia.

En los aspectos físicos, el parámetro de aspecto en el río El Naranjo presentó un resultado de ligeramente turbio, para que este sea aceptable debe de tener un aspecto claro en la microcuenca citada. Otro aspecto físico que está fuera del rango es el pH de las muestras de cada uno de los ríos, que está por encima del límite máximo permisible (ver cuadros 29 y 30 de anexos).



Figura 39. Realización de muestreos de calidad de agua.

3.2.6 Evaluación

El agua que es consumida tanto por las diferentes comunidades dentro de las microcuencas así como por los pobladores de la cabecera municipal, respecto a los resultados obtenidos, tanto físicos y químicos demuestran que el agua cumple con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Según los análisis microbiológicos, el agua no es apta para consumo humano básicamente por el alto contenido de coliformes fecales presentes en las muestras analizadas, pues estas podrían causar enfermedades gastrointestinales, pudiendo desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua, e incluso la muerte a las poblaciones pertenecientes a las microcuencas, así como también a los pobladores de la cabecera municipal de La Libertad, Huehuetenango, debido a que de los ríos El Jute y El Naranja son las principales fuentes de abastecimiento, aunque con las medidas de cloración establecidas, en el caso de la cabecera o purificación si podrían ser aptas para consumo humano.

3.3 DESARROLLO DE TALLERES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

3.3.1 Objetivos

3.3.1.1 Objetivo general

- Desarrollar un taller de educación ambiental, enfocado a estudiantes del nivel primario en las comunidades de las microcuencas de los ríos El Jute y El Naranja, municipio de La Libertad, departamento de Huehuetenango.

3.3.1.2 Objetivos específicos

- Capacitar a la población escolar de nivel primario, en aspectos de educación ambiental.
- Concientizar a la población escolar de nivel primario sobre la importancia del manejo del recurso hídrico.

3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Planificación de visitas a centros educativos

La planificación de las visitas a los centros educativos, consistió en que juntamente con el coordinador de la División Municipal de Planificación, César de León, y el coordinador de la División Municipal de Recursos Naturales, Quevin Recinos, se acordó realizar los talleres en las áreas dónde más estudiantes acuden a los centros educativos de cada una de las microcuencas.

3.3.2.2 Visitas a centros educativos

Las visitas se realizaron de acuerdo a la planificación anteriormente descrita, tomando la decisión de intervenir las escuelas de la aldea El Trapichillo (microcuenca del río El Jute) y la escuela de la aldea Huicá, por ser estas las que presentan un mayor número de alumnos en cada una de las áreas de interés, y por lo tanto presenta una mayor influencia demográfica.

3.3.3 Implementación de talleres de educación ambiental

Ya habiendo establecido los centros educativos donde se realizaron los talleres de educación ambiental, con el fin de que los estudiantes aprendan los impactos que se producen cuando no se hace buen uso de los recursos ambientales. Para esto se utilizaron los materiales siguientes:

- Proyector multimedia
- Computadora
- Marcadores para pizarra
- Hojas bond

Los talleres se realizaron, por medio de exposiciones multimedias, donde por medio de fotografías se explicaron los efectos negativos, de no poner atención en los cuidados del medio ambiente.

3.3.4 Resultados

Los talleres se llevaron a cabo en los grados de tercero, cuarto, quinto y sexto primaria, donde se realizó una evaluación por medio de dibujos para conocer el impacto de cada una de las presentaciones ejecutadas. Las evaluaciones fueron

llevadas a cabo por medio de los maestros encargados de grado, calificando la calidad de cada uno de los dibujos y ponderando los mismos a una nota en la materia de ciencias naturales. Se obtuvo la distribución siguiente:

Cuadro 28. Distribución de alumnos, según escuela, grado y sexo.

Distribución de Alumnos						
Grado	Escuela El Trapichillo			Escuela Huicá		
	Niños	Niñas	Total	Niños	Niñas	Total
3ro. Primaria	16	15	31	18	14	32
4to. Primaria	20	13	33	23	12	35
5to. Primaria	21	12	33	19	15	34
6to. Primaria	25	20	45	23	20	43
TOTAL	82	60	142	83	61	144

Fuente: elaboración propia.



Figura 40. Realización de presentaciones multimedia, a población estudiantil primaria.

3.3.5 Evaluación

La participación comunitaria educativa en la realización de talleres de educación ambiental se midió de la siguiente manera: con la participación de 286 estudiantes en cada una de las presentaciones. El servicio de desarrollo de talleres de capacitación, de acuerdo a los objetivos y metas trazadas inicialmente, se llevó a cabo en un 100%, siendo satisfactoria su ejecución, donde se evidenció la aceptación de la información por parte de la población escolar, por medio de la verificación de los dibujos realizados por los estudiantes.

3.4 BIBLIOGRAFÍA

1. Castañeda, L. 1983. Diagnóstico de los recursos naturales de Guatemala, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 28 p.
2. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, Área Integrada, Sub-Área de Ejercicio Profesional Supervisado, GT). 2005. Metodología para la ejecución del ejercicio profesional supervisado: EPSA plan 1998. Guatemala. 12 p.
3. Fuentes, J. 2005. Determinación de las principales áreas de recarga hídrica natural y de la calidad de agua en la microcuenca del río Cotón, Baja Verapaz. Tesis MSc. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 199 p.

3.5 ANEXOS

Cuadro 29. Características sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP), que debe tener el agua potable.

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto.		
(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)		

Fuente: Fuentes (2005)

Cuadro 30. Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permicibles.

Características	LMA	LMP
Cloruro residual libre	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	-----	< 1500 μ S/cm
Dureza total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5
Sólidos totales disueltos	500.000 mg/L	1000.00 mg/L
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C - 25°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

Fuente: Fuentes (2005)