

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



TRABAJO DE GRADUACIÓN
**DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES Y
CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE
LA SUBCUENCA RÍO HONDO, ZACAPA.**

EDIN ALEJANDRO GIL ESTURBAN

Guatemala, Abril del 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES Y CARACTERIZACIÓN
DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA RÍO
HONDO, ZACAPA.**

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

POR

EDIN ALEJANDRO GIL ESTURBAN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, abril del 2008

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

RECTOR

LIC. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. FRANCISCO JAVIER VÁSQUEZ VÁSQUEZ
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. WALTER ARNOLDO REYES SANABRIA
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. DANILO ERNESTO DARDÓN ÁVILA
VOCAL CUARTO	Pto. For. MIRNA REGINA VALIENTE
VOCAL QUINTO	Br. NERY BOANERGES GUZMÁN AQUINO
SECRETARIO	Ing. Agr. EDWIN ENRIQUE CANO MORALES

Guatemala, abril del 2008.

Guatemala, abril del 2008

**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,

DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS NATURALES Y CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA RÍO HONDO, ZACAPA,

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”

EDIN ALEJANDRO GIL ESTURBAN

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios: Ser supremo que nos da vida y sabiduría.

Mis padres Dora Gladis Esturban y Edin Aman Gil Reynosa, por el gran esfuerzo que me brindaron para que pudiera concretar este grandioso sueño.

Hermanos: Mario David, Ricardo Andrés y José Alfonso, por su apoyo, paciencia y comprensión, esperando que este logro sea un ejemplo a seguir

Familiares: Por ser parte importante en mi vida, como muestra de aprecio y cariño

Amigos : David Guzmán, Walter Bardales, Manuel Sagastume, Gabriela Castellanos, Juan Herrera, Walfred Herrera, Fredy Reynosa, Thilma Chamorro, Cesar Axpuc, Jerónimo Tahuico, Erick Calderon, Abner Cano, Mario Fong, Elmer Alvarez, Carlos Godoy, Hugo Molina, Irelida Ayala, Rene Méndez, Pablo Morales y otros más que escapan a mi memoria, gracias por su sincera y valiosa amistad.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

- A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser la casa de estudios donde recibí no solo el conocimiento académico, si no que también me permitió conocer excelentes y gratas personas.
- A la Facultad de Agronomía, formadora de grandes profesionales, por brindarme las herramientas necesarias que me permitirán desenvolverme en el campo profesional.
- A los centros de formación académica que me han formado durante la vida estudiantil: Liceo Mixto San Juan, Instituto de Educación Básica de Amatitlan y Escuela Nacional Central de Agricultura.
- A mis padres, hermanos y amigos por todo el apoyo recibido durante el transcurso de la carrera, y quienes siempre confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores: Ing. Agr. Oscar Medinilla y el Ing. Agr. Marvin Salguero, gracias por la dedicación y tiempo invertido en la elaboración de este trabajo.

Caserío San Lorenzo:

Un sincero agradecimiento al Señor Augusto Perdomo y la señora Rosario quienes me acogieron y brindaron vivienda durante todo el tiempo que duro el EPS. A ustedes les doy las gracias.

Personal de la FDN distrito Motagua:

Ing. Agr. Danilo Saavedra, Pto. Agr. Edwin Sosa, mi más profundo agradecimiento por su valiosa y oportuna colaboración en lo trabajos de campo para la realización de este documento.

Proyecto Maple-Sierra de las Minas

Especialmente al Ing. Oscar Medinilla por brindarme la oportunidad de realizar mi ejercicio profesional supervisado en dicho proyecto, y confiar en mi persona, por lo que estoy muy agradecido.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Agr. Juan Herrera, Ing. Agr Amilcar Sánchez y Gabriela Castellanos por su gran apoyo en la última fase de este trabajo, por lo que les doy las mas sinceras gracias.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1. DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA SUBCUENCA RÍO HONDO, ZACAPA	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. MARCO REFERENCIAL	3
2.1.1 Ubicación y Posición Geográfica.....	3
2.1.2 Vías de Acceso.....	3
2.2 Centros Poblados	3
2.3 Aspectos Biofísicos.....	5
2.3.1 Zonas de Vida.....	5
2.3.2 Hidrografía	5
2.3.3 Fisiografía y Geomorfología	5
2.3.4 Geología	6
3. OBJETIVOS	7
3.1 Objetivo General	7
3.2 Objetivos Específicos.....	7
4. METODOLOGÍA	8
4.1 Fase inicial de Gabinete	8
4.2 Fase de Campo.....	8
4.3 Fase Final de gabinete	9
4.3.1 Sistematización de la información.....	9
4.3.2 Priorización de problemas	9
5. RESULTADOS.....	10
5.1 Recurso Hídrico	10
5.1.1 Agua superficial	10
5.1.2 Agua Subterránea.....	10
5.2 Clima	11
5.3 Suelos	13
5.3.1 Serie de suelos	13
5.3.2 Taxonomía de suelos	14
5.3.3 Capacidad de uso de la tierra.....	14
5.3.4 Uso de la tierra	15
5.4 Flora y Fauna	18
5.4.1 Flora.....	18
5.4.2 Fauna silvestre	19
5.4.3 Fauna domestica	20
5.5 Análisis de la problemática	20
5.5.1 Problemas detectados	20
5.5.2 Matriz de Priorización de problemas	21
6. CONCLUSIONES	23
7. BIBLIOGRAFÍA	24

CAPITULO II. INVESTIGACION CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA RÍO HONDO, ZACAPA	25
1. INTRODUCCIÓN	28
2.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	29
3. MARCO TEÓRICO	30
3.1 MARCO CONCEPTUAL	30
3.1.1 Cuenca hidrográfica.....	30
3.1.1.1 Definición de cuenca hidrográfica	30
3.1.1.2 La cuenca como sistema	30
3.1.1.4 Parte aguas	31
3.1.1.5 Tipos de corrientes.....	31
3.1.1.6 Orden de corrientes.....	31
3.1.2 Aspectos morfométricos	32
3.1.2.1 Aspectos lineales de la cuenca.....	32
3.1.2.2 Aspectos de relieve	33
3.1.2.3 Aspectos de relieve	35
3.1.3 Recurso hídrico.....	37
3.1.3.1 Escorrentía superficial.....	37
3.1.3.2 Disponibilidad de cantidad de agua	38
3.1.3.2 Métodos de aforo	38
3.1.3.3 Calidad del agua	40
3.1.4 Balance hidrológico	42
3.1.5 Fotogrametría y sistemas de información geográfica	43
3.1.5.1 Fotogrametría y fotointerpretación	43
3.1.5.2 Sistemas de información geográfica	44
3.2 MARCO REFERENCIAL	45
3.2.1 Antecedentes.....	45
3.2.2 Descripción del área de la subcuenca del Río Hondo	45
3.2.2.1 Ubicación y Posición Geográfica	45
3.2.2.2 Vías de Acceso	45
3.2.3 Centros poblados.....	45
3.2.4 Aspectos biofísicos.....	47
3.2.4.1 Zonas de Vida	47
3.2.4.2 Hidrografía.....	47
3.2.4.3 Fisiografía y geomorfología.....	49
3.2.4.4 Geología.....	49
3.2.4.5 Serie de suelos.....	49
4. OBJETIVOS	52
4.1 OBJETIVO GENERAL	52
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	52
5. METODOLOGÍA	53
5.1 ETAPA INICIAL DE GABINETE	53
5.1.1 Recopilación de información secundaria:.....	53
5.1.2 Caracterización morfométrica:.....	53
5.1.2.1 Trazo de la subcuenca	53
5.1.2.2 Determinación de aspectos lineales de la subcuenca	54
5.1.2.3 Determinación de aspectos de superficie	55
5.1.2.4 Aspectos de relieve	56

5.1.3 Ubicación de puntos de muestreo	57
5.1.3.1 Ubicación de puntos de aforo	57
5.1.3.2 Ubicación de muestreo de calidad de agua	57
5.1.4 Recopilación de información climática	59
5.2 ETAPA DE CAMPO	59
5.2.1 Reconocimiento del área:.....	59
5.2.2 Realización de aforos	59
5.2.3 Calidad del agua.....	60
5.3 ETAPA FINAL DE GABINETE.....	61
5.3.1 Balance hidrológico de la subcuenca Río Hondo.....	61
5.3.2 Sistematización de información.....	62
5.3.3 Análisis de resultados.....	62
5.3.4 Redacción del documento de investigación	62
6. RESULTADOS.....	63
6.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS.....	63
6.1.1 Determinación de aspectos lineales de la subcuenca Río Hondo	63
6.1.2 Determinación de Aspectos de superficie de la Subcuenca Río Hondo.....	64
6.1.3 Determinación de aspectos de relieve de la subcuenca Río Hondo.....	66
6.2 BALANCE HIDROLÓGICO DE LA SUBCUENCA DE RÍO HONDO	66
6.2.1 Datos climáticos.....	66
6.2.1.1 Precipitación pluvial mensual.....	67
6.2.1.2 Cálculo de temperatura mensual	68
6.2.1.3 Calculo de la evapotraspiración potencial mensual por el método de Hargreaves.....	72
6.2.2 Caudales medios mensuales	75
6.2.3 Balance hidrológico de la subcuenca	76
6.3 CALIDAD DEL AGUA	77
6.3.1 Análisis fisicoquímico del agua de la subcuenca Río Hondo	77
6.3.1.1 Calidad de agua con fines de consumo.....	78
6.3.1.2 Análisis fisicoquímico de laboratorio, para agua de riego.....	79
6.3.2 Análisis biológico del agua de la subcuenca Río Hondo.....	80
6.3.3 Análisis de la calidad de agua.....	81
7. CONCLUSIONES	82
8. RECOMENDACIONES	83
9. BIBLIOGRAFÍA	84
10. APÉNDICES	87
CAPITULO III. INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA SUBCUENCA RÍO HONDO, DE LA RESERVA DE BIÓSFERA SIERRA DE LAS MINAS Y EN EL PROYECTO MAPLE.....	96
1. INTRODUCCIÓN	97
2. Servicio I. Búsqueda, colecta y monitoreo de poblaciones de Acer skutchii.....	98
2.2 Metodología	98
2.2.2 Recorridos en campo	98
2.2.3 Monitoreo y colecta de material vegetal.....	99
2.2.4 Realización de Mapas de ubicación.....	99
2.3 Resultados	99
2.3.1 Ubicación Geográfica de Poblaciones de Maple.....	99

2.3.2 Caracterización fenológica	100
2.3.3 Colecta de Materia vegetal.....	102
3.4 Evaluación.....	104
3. Servicio II. Recopilación y tabulación de datos climáticos	104
3.1 Objetivos	104
3.2 Metodología	104
3.3 Resultados	105
3.3.1 Ubicación de la estación meteorológica.....	105
3.3.2 Recopilación de información.....	106
3.3.3 Tabulación y generación de tablas.....	106
3.4 Evaluación.....	109
4. BIBLIOGRAFÍA	109

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Zonas de Vida de la Subcuenca del Río Hondo, Zacapa.....	5
Cuadro 2. Clasificación climática por Thorntwhite en la subcuenca del Río Hondo.....	11
Cuadro 3. Serie de suelos, Subcuenca del Río Hondo, Zacapa.....	13
Cuadro 4. Capacidad de uso de la tierra para la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	14
Cuadro 5. Capacidad de uso de la tierra de la Subcuenca de Río Hondo, Zacapa.....	15
Cuadro 6. Especies del estrato arbóreo de la subcuenca del Río Hondo.....	18
Cuadro 7. Especies de fauna silvestre en la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	19
Cuadro 8. Especies de fauna doméstica de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa.....	20
Cuadro 9. Matriz de priorización de problemas, de la subcuenca del Río Hondo.....	21
Cuadro 10. Simbología utilizada para la caracterización del relieve.....	36
Cuadro 11. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.....	40
Cuadro 12. Parámetros Físico -Químicos de la calidad del agua para consumo humano.....	41
Cuadro 13. Parámetros bacteriológicos de la calidad del agua para consumo humano.....	42
Cuadro 14. Lugares poblados, categoría y población total.....	47
Cuadro 15. Zonas de Vida de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa.....	47
Cuadro 16. Serie de suelos, subcuenca del Río Hondo, Zacapa.....	49
Cuadro 17. Ubicación de puntos de muestreo de aforos en la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	57
Cuadro 18. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua en la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	57
Cuadro 19. Boleta de recolección de información de aforos.....	59
Cuadro 20. Parámetro de análisis físicoquímicos y biológicos a realizar, para la calidad de agua.....	60
Cuadro 21. Resumen de aspectos lineales de la subcuenca Río Hondo.....	63
Cuadro 22. Resumen de aspectos de superficie de la subcuenca Río Hondo.....	64

Cuadro 23. Resumen de aspectos de relieve de la subcuenca Río Hondo	66
Cuadro 24. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas de la Subcuenca Río Hondo	67
Cuadro 25. Precipitación media por medio de Isoyetas	68
Cuadro 26. Temperatura media de las estaciones meteorológicas de la subcuenca Río Hondo.....	69
Cuadro 27. Calculo de la evapotraspiración mensual de las estaciones meteorológicas	72
Cuadro 28. Evapotraspiración media por medio de Isopletas	73
Cuadro 29. Aforos de el Río hondo, Río Colorado y Río La Lima, en la subcuenca de río Hondo.....	75
Cuadro 30 Resumen del balance hidrológico de la subcuenca Río Hondo	77
Cuadro 31. Resultados fisicoquímicos obtenidos en campo	78
Cuadro 32. Resultados de análisis fisicoquímico de laboratorio	79
Cuadro 33. Resultados microbiológicos de laboratorio de las muestras de la subcuenca Río Hondo.	81
Cuadro 34A. Determinación de la evapotranspiración	90
Cuadro 35. Poblaciones de maple dentro de la subcuenca de Río Hondo	100
Cuadro 36. Estados Fenológicos de las poblaciones de Maple.	102
Cuadro 37. Registro climático tabulado, Temperatura máxima, estación San Lorenzo.....	107
Cuadro 38. Registro climático tabulado, Temperatura mínima, estación San Lorenzo.....	107
Cuadro 39. Registro climático tabulado, Temperatura promedio mensual, estación San Lorenzo.....	108
Cuadro 40. Registro climático tabulado, precipitación promedio anual, estación San Lorenzo.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	4
Figura 2. Agua superficial de la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	10
Figura 3. Mapa climático de la subcuenca Río Hondo, Zacapa	12
Figura 4. Capacidad de uso de la tierra, Subcuenca Río Hondo, Zacapa	16
Figura 5. Uso actual de la tierra para el año 1999, de la subcuenca Río Hondo	17
Figura 6. Utilización del agua superficial, en la subcuenca Río Hondo.....	21
Figura 7. Incendios forestales, en la subcuenca Río Hondo Zacapa	22
Figura 8. Pérdida de Biodiversidad animal y vegetal, en la Subcuenca Río Hondo.....	22
Figura 10. Mapa de Zonas de Vida de la Subcuenca Río Hondo, Zacapa	48
Figura 11. Mapa de series de suelos de la Subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	51
Figura 12. Ubicación de Puntos de muestreo de aforos y calidad de agua	58
Figura 13. Mapa hidrológico, subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	65
Figura 14. Precipitación media mensual, de las estaciones meteorológicas de la subcuenca Río Hondo.....	67
Figura 16. Isoyetas de la subcuenca Río Hondo, Zacapa	70
Figura 17. Isotermas de la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	71

Figura 18. Evapotranspiración potencial Promedio mensual.....	72
Figura 19. Isopletras de la subcuenca Río Hondo, Zacapa.....	74
Figura 20. Comportamiento de los caudales en la subcuenca Río Hondo.....	76
Figura 21 A . a. Grafica Log Un Vrs U b. Figura . Grafica Log Lu Vrs U	88
Figura 22 A. Curva hipsométrica.....	89
Figura 23. Ubicación de poblaciones de <i>Acer skutchii</i>	101
Figura 24. Especimen de <i>Acer skutchii</i> , población San Lorenzo.....	102
Figura 25. Ramillas de Maple para laboratorio de biotecnología.....	103
Figura 26. Herborización de muestras botánicas de Maple de Guatemala.....	103
Figura 27. Estación Meteorológica San Lorenzo,	105

RESUMEN

Los recursos naturales renovables en Guatemala, son cada día más limitados y son una fuente de calidad de vida y oportunidades de desarrollo para las poblaciones, por eso es necesario tomar acciones que conduzcan a un manejo sostenible.

El presente documento, es parte de las actividades del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la FAUSAC y el apoyo del Proyecto Maple - Sierra de las Minas, realizándose durante el periodo de febrero a noviembre del 2007, agrupándolo en tres capítulos, los cuales son: diagnóstico, investigación y servicios.

El diagnóstico realizado en la subcuenca Río Hondo, Zacapa, fue enfocado a los recursos naturales a un nivel de reconocimiento, mediante la búsqueda de información y reconocimiento de campo, logrando tener un marco de referencia sobre los recursos naturales, tomando en cuenta la situación actual de los mismos dentro de la subcuenca, como también la priorización de los problemas: contaminación del agua superficial, incendios forestales y pérdida de biodiversidad, los cuales son afectados, principalmente por las poblaciones locales y aledañas a la subcuenca.

La investigación realizada en la subcuenca Río Hondo, Zacapa, 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, como parte del plan maestro de la Fundación Defensores de la Naturaleza, para la conservación de los recursos naturales de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.

La subcuenca Río Hondo, presenta altas pendientes, por lo que se considera que presenta una buena respuesta hidrológica y susceptible a la erosión hídrica. En la subcuenca se encuentran tres ríos principales, de los cuales Río Colorado y Río La Lima convergen para formar el Río Hondo, logrando determinar que en el área existe una recarga hídrica aproximada de 388.77 mm anuales, donde las características fisicoquímicas del agua superficial, son aptas para la agricultura y consumo humano pero

no así para las características microbiológicas, las cuales sin un tratamiento adecuado, pueden causar enfermedades gastrointestinales principalmente por la presencia de la bacteria *Escherichia coli* Migula.

Los servicios realizados en campo fueron orientados de acuerdo a las necesidades del proyecto Maple-Sierra de las minas, donde el primer servicio consistió en la búsqueda, colecta y monitoreo del Maple de Guatemala (*Acer skutchii* Reader), especie endémica y en peligro de extinción, logrando ubicar y reportar dos poblaciones con siete subpoblaciones, nuevas para Guatemala dentro de la subcuenca de Río Hondo; el segundo servicio consistió en la sistematización y tabulación de la información climática de la estación meteorológica San Lorenzo, siendo una de las dos estaciones que se encuentran en la sección alta de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, con la finalidad de poner a disposición información única dentro del área sobre los parámetros climáticos para futuros estudios y programas de conservación.

La realización del presente trabajo, contó con el apoyo financiero del Proyecto Maple-Sierra de las Minas, asesoría de campo por la Fundación Defensores de la Naturaleza y asesoría técnica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

CAPITULO I
DIAGNÓSTICO GENERAL DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA
SUBCUENCA RÍO HONDO, ZACAPA

1. INTRODUCCIÓN

La subcuenca Río Hondo, se encuentra ubicada en jurisdicción del municipio de Río Hondo, del departamento de Zacapa, dicha subcuenca forma parte de las 52 subcuencas hidrográficas de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM), drenando a la cuenca del río Motagua, la cual presenta; cinco zonas de vida y cuatro series de suelo, la población asentada en la parte media y alta de la subcuenca es muy baja, únicamente se encuentra presente los caseríos San Lorenzo y Alejandría. La parte media y alta de la subcuenca se encuentra dentro del área protegida RBSM, ubicándose dentro el Área Núcleo, el Área de Usos Múltiples y Amortiguamiento, siendo estas un reservorio de germoplasma, madera, leña, nacimientos de agua, etc.

Actualmente la presión ejercida por las poblaciones dentro y fuera de la subcuenca, ejercen un efecto negativo debido a la degradación de los recursos naturales, principalmente en la calidad y cantidad del agua superficial, la cual es un suministro para dichas poblaciones, como también en la deforestación y los incendios forestales, afectando principalmente la flora, fauna y el recurso hídrico en la sección media y alta de la subcuenca, por lo que este estudio generó información concerniente a los recursos naturales de la subcuenca como las problemáticas que actualmente presentan, logrando así identificar efectos y causas. Generando información básica de interés para las instituciones encargadas en el manejo de la subcuenca, con la cual se puedan generar estrategias de conservación y manejo sostenible de dicha subcuenca.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Descripción del área de la subcuenca del Río Hondo

La subcuenca del río Hondo comprende una de las 52 subcuencas hidrológicas que conforman la Sierra de las Minas, encontrándose desde su parte media a alta de carácter protegido, existiendo el área núcleo, área de usos múltiples y el área de amortiguamiento, siendo la Fundación Defensores de la Naturaleza la encargada de administrar y manejar adecuadamente el área de la Biósfera Sierra de las minas.

2.1.1 Ubicación y posición geográfica

La subcuenca del Río Hondo se encuentra ubicada en el municipio de Río Hondo Zacapa, como también el Estor y Panzós en la parte alta de la misma, con un área de 95.32 km², la cual se encuentra ubicada en las coordenadas del sistema Universal Transverse Mercator –UTM- 1,664,881 a 1769121 m. norte y 867,572 a 864235 este (5). (ver figura 1).

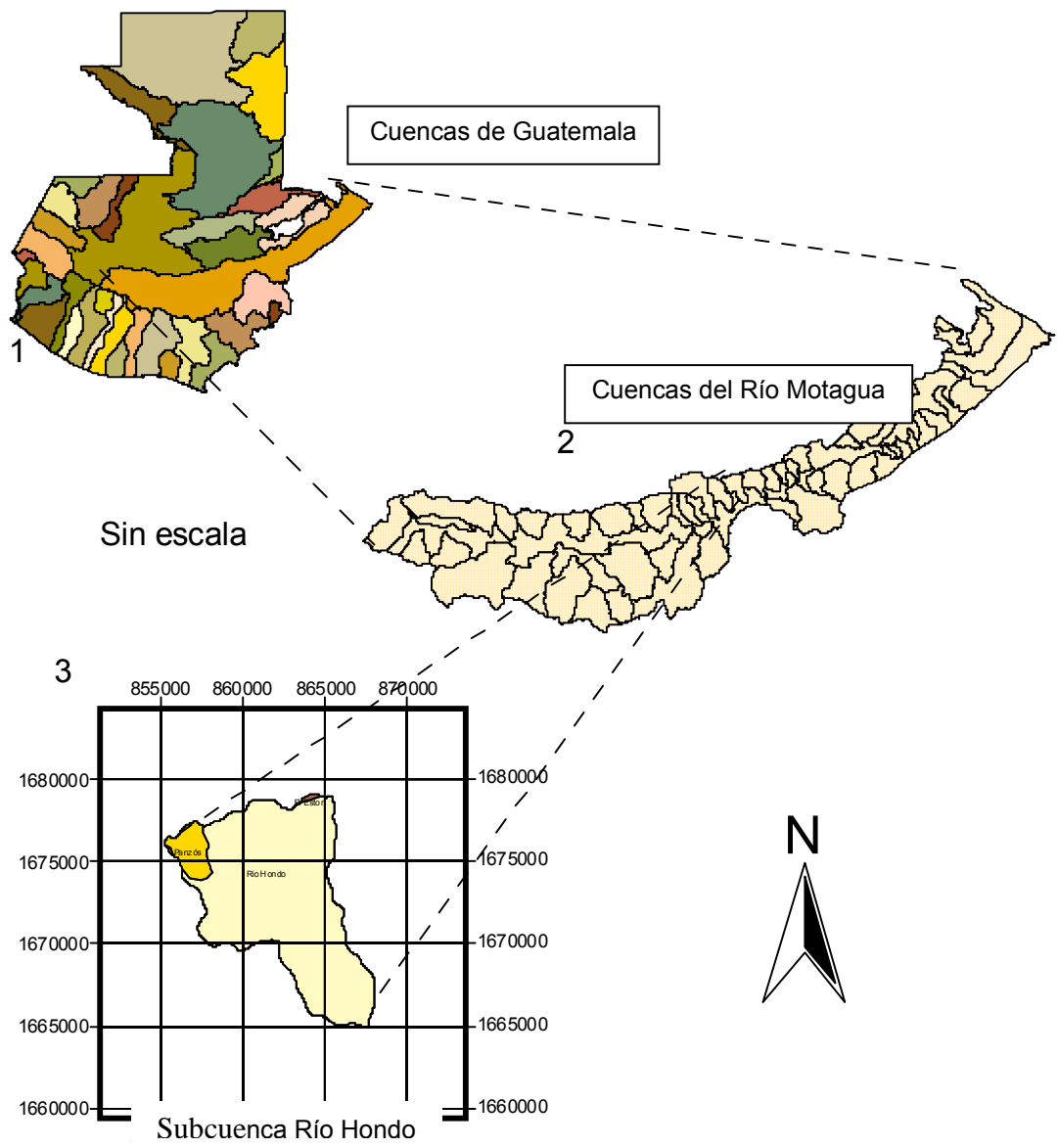
2.1.2 Vías de acceso.

La principal vía de acceso para llegar a la subcuenca del Río Hondo es la carretera CA-9 que de la ciudad de Guatemala, se extiende al oriente hacia Izabal. A la altura del kilómetro 132, en jurisdicción de la cabecera municipal de Río Hondo.

Dentro del área de estudio, se determino que existe una red vial de 25 Km. que comunica los diferentes poblados, la cual en su mayoría son transitables durante la época seca (5).

2.2 Centros poblados

En la subcuenca, se localizan los siguientes poblados: Río Hondo, El Chorro, El Tejolote, Llano verde o Monte Verde, Panaluya, San Lorenzo y el Copinol, la población total estimada es de 3,112 personas entre hombre y mujeres, según el XI Censo de Población, VI Habitacional 2,002. realizado por el INE.



Leyenda:

- 1: Cuencas de Guatemala
- 2: Cuenca del Río Motagua
- 3: Subcuenca del Río Hondo

Fuente:

Atlas temático digital de Guatemala.
 MAGA, 2002, Escala 1:250,000
 Proyeccion UTM, Datum NAD 27
 Zona 15.
 Escala de Presentacion Sin Escala



Elaborado por:
 Edin Alejandro Gil

Figura 1. Ubicacion Geografica de la subcuenca Rio Hondo, Zacapa

2.3 Aspectos biofísicos

2.3.1 Zonas de vida

En la Subcuenca del Río Hondo se lograron ubicar cinco zonas de vida según el sistema de Clasificación de Holdrige y modificado por De la Cruz (1), se ubico en la parte alta de la cuenca la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Subtropical Frió, siguiéndole un Bosque Pluvial Montano Bajo, Bosque húmedo subtropical templado, Bosque seco subtropical hasta llegar al Monte espinoso subtropical, Correspondiendo a las siguientes áreas y porcentaje:

Cuadro 1. Zonas de vida de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa.

Símbolo	Zonas de Vida	Km.²	%
bmh-S(f)	Bosque Muy Húmedo Subtropical Frió	31,70	31.20
bp -MM	Bosque Pluvial Montano Bajo	32,43	31.01
bh-S(t)	Bosque Húmedo Subtropical Templado	32,65	31.40
bs-S	Bosque Seco Subtropical	5,52	05.31
me-S	Monte espinoso Subtropical	1,66	01.22
Total		103,95	100

Fuente: MAGA 2001.

2.3.2 Hidrografía

El afluente principal de la Subcuenca es el Río Colorado que se une al Río La Lima, para formar El Río Hondo (3). Dicha subcuenca pertenece a la cuenca del Río Motagua, que pertenece a la vertiente del Mar de las Antillas.

2.3.3 Fisiografía y geomorfología

El relieve característico de la subcuenca del Río Hondo, va desde ondulado hasta escarpado y la elevación promedio es de 1350 ,msnm con un rango que va desde los 200 hasta los 2500 msnm. Está formada propiamente por rocas metamórficas del Grupo Chuacús, como esquistos, filitas, gneisses, migmatitas y rocas ígneas intrusivas de tipo granito y diorita, al norte existen carbonatos de la Formación Coban.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-(8), la subcuenca del Río Hondo, se encuentra dentro del gran paisaje Sierra de las Minas que pertenece a la región fisiográfica denominada Tierras Altas Cristalinas. La Sierra de las Minas, se

caracteriza por presentar laderas de fuerte pendiente y divisorias angostas, patrones de drenaje subdendritico, subparalelo.

2.3.4 Geología

El área, está ubicada en el bloque de la falla de la Sierra de las Minas, está compuesta predominantemente por capas foldeadas de filito paleozoicas y rocas metamórficas graníticas falladas en los contactos con las rocas jóvenes hacia el sureste, siendo la Formación Jones (principalmente filita y esquistos misacaeos anfibolita y mármol), Formación San Agustín(Psa, gneiss granítico cataclastico, Psam migmatita) , Formación San Lorenzo (mármol) y Socas posiblemente paleozoicas (4).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico a nivel de reconocimiento de los recursos naturales renovables de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa, como base para el desarrollo de programas de investigación y planteamientos de proyectos.

3.2 Objetivos específicos

- Recopilar información biofísica de la subcuenca del Río Hondo.
- Analizar el estado actual de los recursos naturales suelo, agua, flora y fauna.
- Priorizar la problemática actual de la subcuenca del Río Hondo.

4. METODOLOGÍA

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

4.1 Fase inicial de gabinete

En esta fase, se recopiló toda la información secundaria de la subcuenca del Río Hondo, a través de:

- Visitas al centro de documentación (CEDIA)
- Consulta de mapas topográficos y temáticos sobre el área en estudio.
- Consulta con instituciones vinculadas con la subcuenca y sus alrededores.
- Información digital existente, como lo fueron las páginas Web, programas cartográficos y digitalización (ArcView y R2V)

4.2 Fase de campo.

En esta fase se realizaron visitas de campo en la subcuenca del Río Hondo, haciendo un sondeo general de la distribución y manejo de los recursos naturales dentro de la subcuenca, como también las áreas pobladas y de cultivo.

En la visita de campo se logró recopilar información faltante con respecto a la subcuenca, también se procedió a la verificación de la información recopilada en la primera etapa de gabinete. Siendo las principales actividades realizadas las siguientes:

- Un recorrido por los distintos senderos y quebradas que se encuentran dentro de la subcuenca.
- Realización de entrevistas semiestructuradas, las cuales fueron realizadas principalmente en población que habita y trabaja dentro de la subcuenca.
- Se realizó una documentación fotográfica de los recursos naturales de la subcuenca, como también de las actividades de la población.

4.3 Fase final de gabinete

4.3.1 Sistematización de la información.

En esta fase se procedió a realizar una sistematización de la información recopilada y verificada, tanto en la fase inicial de gabinete como fase de campo, realizando las siguientes actividades:

- 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.
- Análisis de la información recopilada y generada sobre el uso y el estado actual de los recursos, como también los aspectos socioeconómicos.

4.3.2 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.

5. RESULTADOS

5.1 Recurso hídrico

5.1.1 Agua superficial

Las poblaciones que se encuentra dentro de la subcuenca, tanto aldeas, caseríos y pueblos (Río Hondo, El Chorro, El Tejolote, Llano verde o Monte Verde, Panaluya, San Lorenzo y el Copinol), utilizan o se abastecen del agua de manantiales y ríos principales ubicados en la subcuenca. También la población de la cabecera municipal de Río Hondo aprovecha el agua superficial, para los quehaceres cotidianos y riego de cultivos (2). El caudal del Río Colorado y el río La Lima, dependen en gran medida del estado de los bosques nubosos de las cumbres de la Sierra y de la Vegetación de las laderas de las subcuencas).

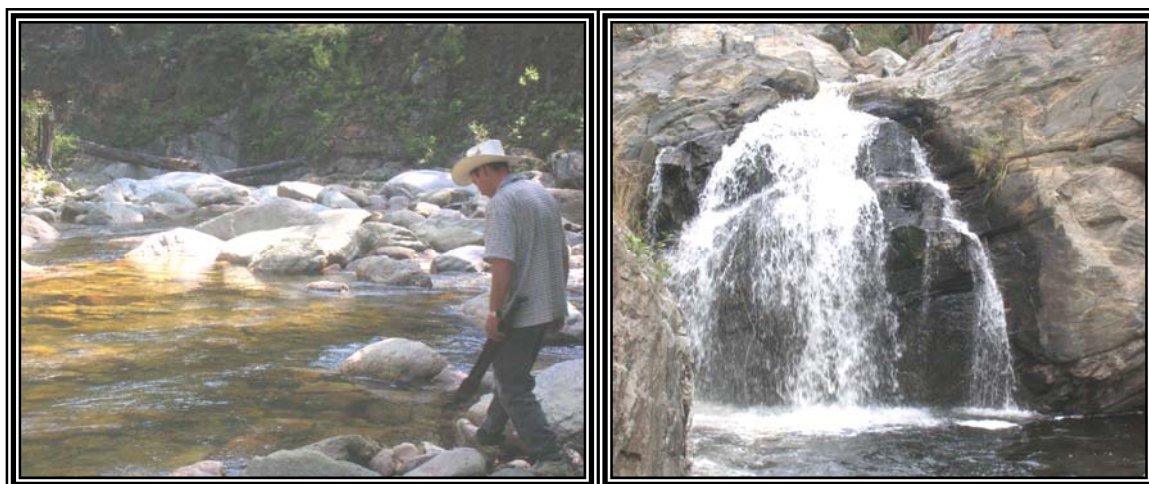


Figura 2. Agua superficial de la subcuenca Río Hondo, Zacapa

Actualmente el agua de la subcuenca se esta viendo afectada por la contaminación de sus afluentes, principalmente por la interacción existente entre las poblaciones locales, la fauna silvestre y domestica, de lo cual la población sabe que el agua esta contaminada pero no saben a que grado ni cuales son los contaminantes.

5.1.2 Agua subterránea

Existe una gran cantidad de manantiales o nacimientos de agua en las partes medias y altas de la subcuenca, y la permanencia del caudal del río en época seca, por lo que se considera que en la subcuenca se localizan zonas de almacenamiento de agua

subterránea (acuíferos localizados). La reducción del caudal del río y la pérdida de nacimientos de agua, es debido a la deforestación de los bosques, incendios forestales anuales en las partes altas, lo que provoca que el agua no se infiltre a los mantos freáticos, sino que corra como escorrentía superficial, generando una erosión del suelo.

5.2 Clima

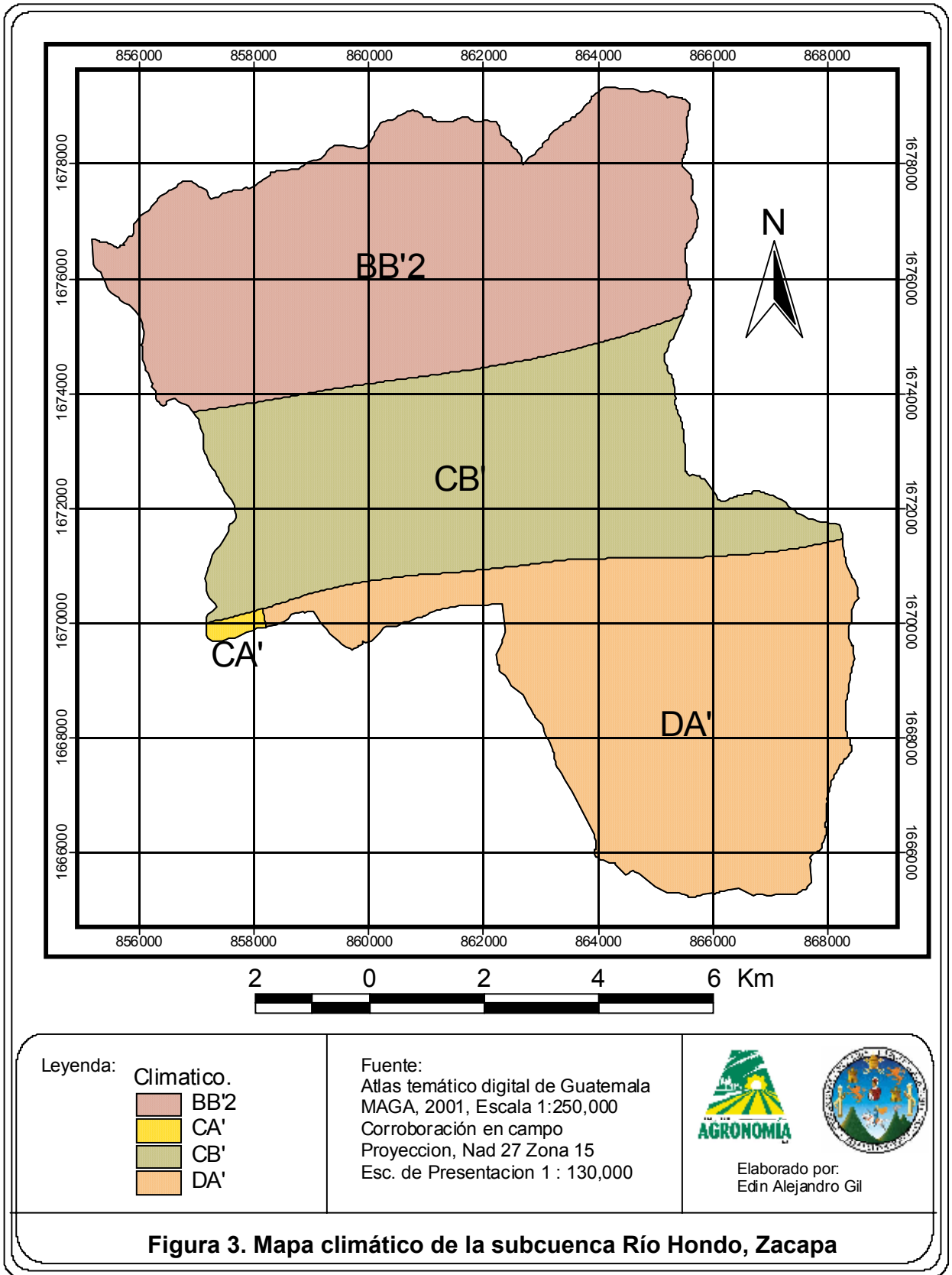
La humedad de los vientos alisios que llegan al país desde el Océano Atlántico es retenida por la exuberante vegetación de los bosques nubosos de la Sierra. La depresión orográfica Oeste-Este de las Sierra de las Minas es el principal factor responsable del patrón de precipitación pluvial del valle del río Motagua, siendo las crestas montañosas responsables del fenómeno llamado “sombra de lluvia”, en el valle medio. Con base en los mapas temáticos digitales del MAGA, 2001 (9), en la subcuenca, los mapas de isolíneas presentan precipitaciones promedio que van desde los 450 mm. hasta los 4,000 mm. anuales (en el bosque pluvial montano bajo) y temperaturas mínimas promedio de 12-24°C con temperaturas máximas promedio de 19-28°C siendo los rangos de forma anual. Sobre la base del trabajo realizado por Thorntwhite y que se presenta en los mapas temáticos digitales del MAGA (9) se obtuvo la información que en forma resumida se presenta en el cuadro 2 y figura 3.

Cuadro 2. Clasificación climática por Thorntwhite en la subcuenca del Río Hondo.

Clasificación climática por Thorntwhite				
NO.	Código	Descripción	Área Km ²	Unidad en %
1	CB'	Semi Seco - Semi Calido	32.10	30.88
2	BB'2	Húmedo - Templado	40.48	38.94
3	DA'	Seco – Calido	21.26	30.07
4	CA'	Semi Seco - Calido	0.12	0.11
Total			103.95	100

Fuente: MAGA, 2001.

El 30.88 % de la superficie de la subcuenca corresponde a un clima Semi Seco - Semi Calido, un 38.94% corresponde a un Húmedo – Templado y un 30.07 corresponde a un clima Seco – Calido, haciendo un total del 99.88%, estando los tres tipos de climas bien distribuidos en el área siendo el mayor el tipo Húmedo templado, habiendo un clima de mayor influencia en la subcuenca de tipo seco y semi seco.



5.3 Suelos

5.3.1 Serie de suelos

Según Simmons et al. (11) , en la subcuenca del Río Hondo se encuentran las series de suelos, Chol, Marajuma, Suelos de los Valles y Tamahú la distribución del área de cada serie dentro de la cuenca se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Serie de suelos, subcuenca del Río Hondo, Zacapa.

Serie de suelos por Simmons et al.				
NO.	Código	Serie	Área Km ²	Unidad en %
1	Chg	Chol	27.52	26.56
2	Mj	Marajuma	12.06	11.60
3	SV	Suelos de los Valles	4.40	4.23
4	Tm	Tamahú.	59.98	57.70
Total			103.95	100

Fuente: MAGA, 2001. Simmons et al, 1959.

- **La serie de suelos Chol (Chg)** ocupa un 26.56 % del área total, y se identifica como un perfil de suelos con las siguientes capas: el suelo superficial es de textura franco arenoso fino a franco arcillo arenosos, de color café grisáceo a café rojizo, estructura poco desarrollada y profundidad de 0.10 m
- **La serie de suelos Marajuma (Mj)**, ocupa un 11.60 % del área dentro de la cuenca, el perfil del suelo se caracteriza por las siguientes capas: suelos superficial a una profundidad de 0-0.20 m., textura Franco limosa, con una coloración Café oscuro, presentando suelos muy fértiles, con una estructura granular fina a migajosa fina.
- **La serie de Suelos de los valles (Sv)**, se presenta en el área con un menor porcentaje que es de 4.23%, encontrándose principalmente en el valle del Motagua, siendo la parte mas baja, donde la textura superficial son arcillas, con un color gris oscuro a café grisaceo, con profundidad de 0.40 m con una estructura granular fina.
- **La serie de suelos Tamahú (Tm)** es la que se presenta en mayor cantidad dentro de la subcuenca con un 57.7 %, y se identifica con un perfil con las siguientes capas: el suelo superficial es de una textura Franca a Franca Arcillosa, de color Café muy Oscuro, estructura poco desarrollada con una profundidad de 0.20-0.30m.

5.3.2 Taxonomía de suelos

En base a la clasificación taxonómica de los suelos, de acuerdo al MAGA (7), en la subcuenca se pueden encontrar dos órdenes, Entisol e Inceptisol.

- **El orden Inceptisol**, se caracteriza por ser un suelo joven, sin fuerte desarrollo, ubicado en áreas con pendientes onduladas a moderadas, con cobertura forestal mixta y latifoliada.
- **El orden Entisol**, presenta poco desarrollo debido a condiciones de pendientes ligeramente inclinadas a fuertemente inclinadas que incide en la erosión de los suelos u por ellos son los menos apropiadas para actividades agrícolas y entre sus limitaciones está la poca profundidad efectiva, la pedregosidad interna y los afloramientos rocosos. Se recomiendan para la producción forestal o sistemas agroforestales.

5.3.3 Capacidad de uso de la tierra.

La información obtenida de la capacidad de uso de la tierra se realizó sobre la base de clasificación del Departamento de Agricultura de EE.UU. en el trabajo realizado por el MAGA,2001 (9) para la republica de Guatemala a una escala de 1:250,000. Obteniéndose con ello un total de cuatro clases agrológicas (ver figura 4), presentándose desde la clase III, Clase IV, Clase VI y Clase VII, en forma resumida se presenta en el cuadro 5 la capacidad de uso para la subcuenca del Río Hondo.

Cuadro 4. Capacidad de uso de la tierra para la subcuenca Río Hondo, Zacapa.

Clase	Capacidad de Uso de la Tierra	Área Km ²	Porcentaje %
III	Tierras cultivables con medianas limitaciones	0.07	0.05
IV	Tierras cultivables con severas limitaciones	3.9	3.76
VI	Tierras aptas para cultivos perennes y forestal	15.85	15.25
VII	Tierras aptas solo para producción Forestal.	84.14	80.94
Total		103.95	100.0

Fuente: MAGA, 2001.

La capacidad de uso que se encontró en mayor porcentaje fue la de la Clase VII, tierras aptas solo para producción forestal, esto principalmente por el alto grado de pendiente que se presentan en el interior de la cuenca, y a la susceptibilidad de erosión y los suelos poco profundos. La segunda capacidad de uso con un alto porcentaje fue la Clase VI, que son tierras aptas para agroforestales y forestales, estas se encuentran ubicadas en la parte baja y media de la cuenca (aldea San Lorenzo), que son las partes mas planas pero con poca profundidad efectiva y alta pedregosidad.

5.3.4 Uso de la tierra.

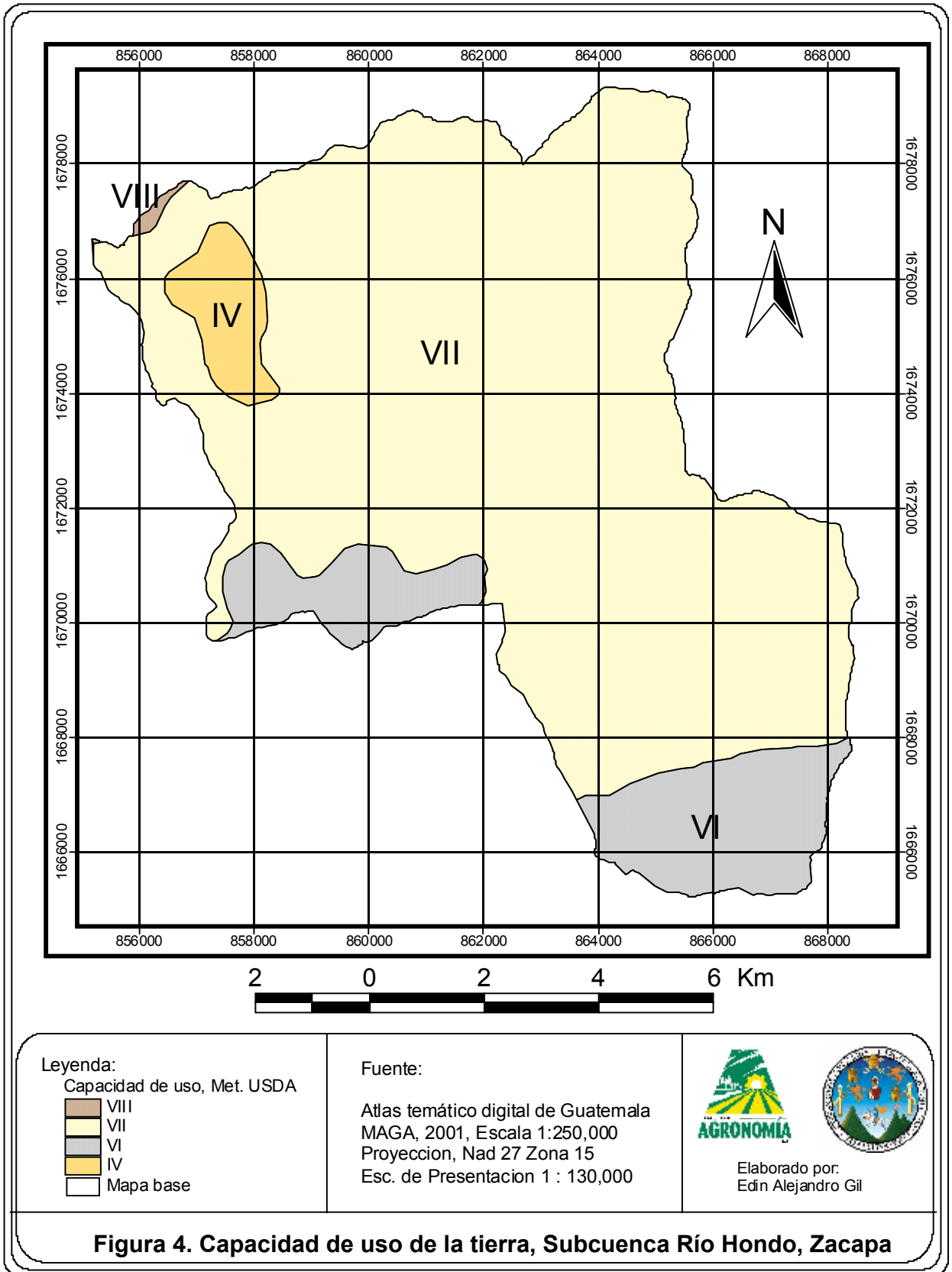
En la subcuenca del Río Hondo, para el año 1,999 se presentaron cuatro tipos de usos de la tierra (ver figura 6), sobre los mapas temáticos presentados por el MAGA, 2001 (9), presentándose un resumen en el cuadro 6, de los distintos usos que le dan a la tierra a una escala de reconocimiento con los códigos de la UGI (Unión Geográfica Internacional).

Cuadro 5. Capacidad de uso de la tierra de la Subcuenca de Río Hondo, Zacapa.

Clase	Capacidad de Uso de la Tierra	Área Km ²	Porcentaje %
2.1	Agricultura limpia, cultivos anuales	11.12	10.68
4.1	Bosque Natural, Latifoliadas	44.31	42.62
4.2	Bosque Natural, Confieras	15.00	14.45
4.4	Bosque Natural, Bosque secundario	33.53	32.25
Total		103.95	100.0

Fuente: MAGA, 2001.

La agricultura limpia anual se practica en un 10.68% de la superficie de la subcuenca, la cual es la que se encuentra en menor porcentaje, debido a que principalmente la mayor parte de la cuenca se encuentra protegida y las características de alta pendiente y poca profundidad efectiva hacen que el área sea poco utilizada para la agricultura, la cual se ubica en la región oriente y sur de la subcuenca. El uso que mayor porcentaje presenta el de bosque natural de latifoliadas principalmente desde la parte media hacia la parte alta de la subcuenca.



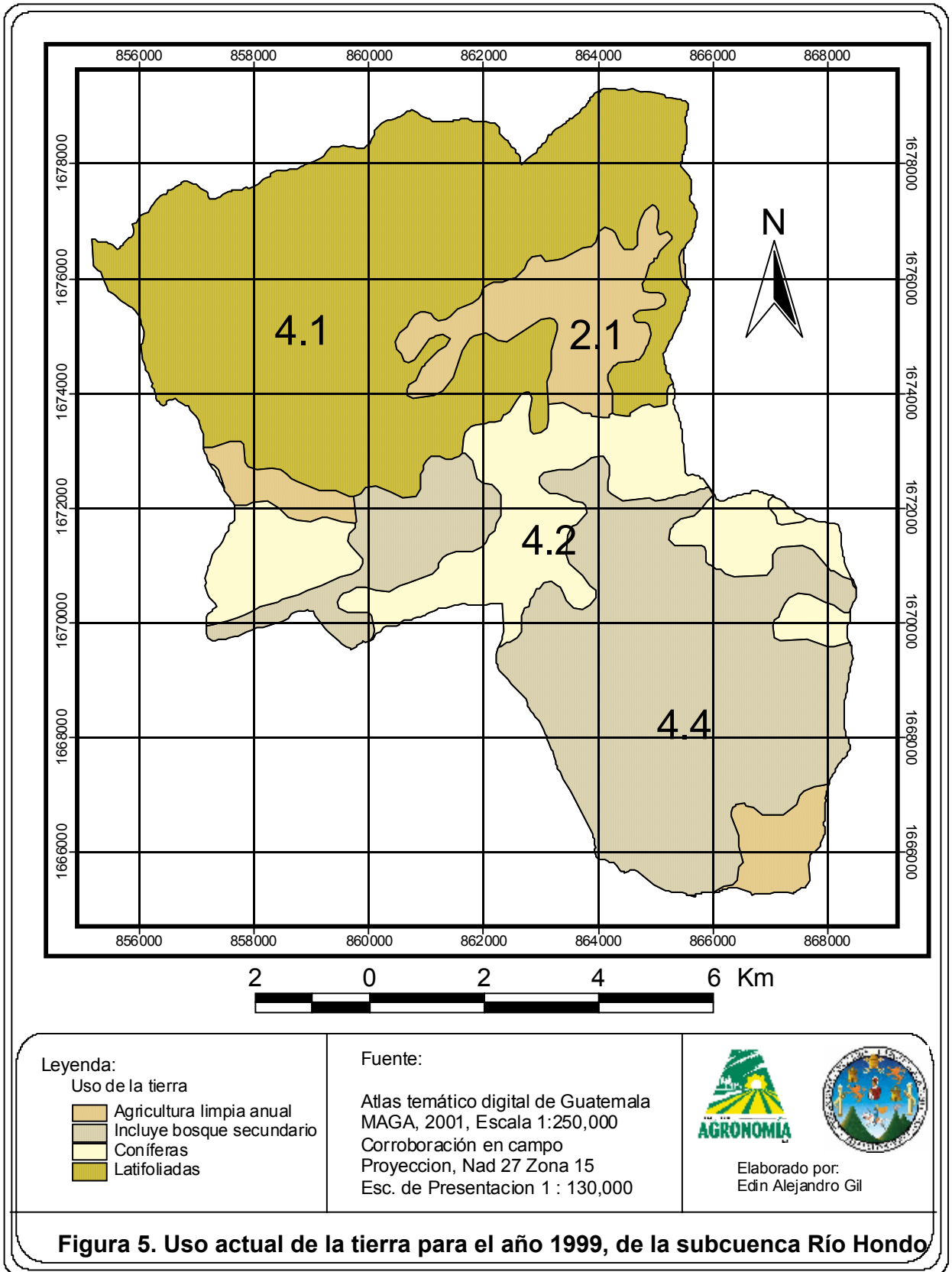


Figura 5. Uso actual de la tierra para el año 1999, de la subcuenca Río Hondo

5.4 Flora y fauna

5.4.1 Flora

En base a recorridos de campo y según Medinilla (10), que las áreas boscosas según el tipo forestal se pueden clasificar en dos grandes grupos o macrocomunidades:

- Macrocomunidad bosque latifoliado o nuboso
- Macrocomunidad bosque de pinos.

Según Medinilla (10), las especies predominantes según su mayor presencia en el área, para las dos macrocomunidades se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Especies del estrato arbóreo de la subcuenca del Río Hondo.

Macrocomunidad	Especie	Familia
Latifoliada	<i>Oreopanax oliganthus</i> A. C. Smith	Araliaceae
	<i>Microtropis ilicina</i> Standl. & Steyerm	Celastraceae
	<i>Hedyosmun mexicanum</i> Cordemoy	Chloranthaceae
	<i>Clusia massoniana</i> Lundell	Clusiaceae
	<i>Weinmannia tuerkheimii</i> Engler	Cunoniaceae
	<i>Quercus aaata</i> Muller	Fagaceae
	<i>Quercus sapotaefolia</i> Liebm.	Fagaceae
	<i>Quercus cospersa</i> Benth.	Fagaceae
	<i>Phyllonoma cacuminis</i> Standl. & Steyermark	Crossulariaceae
	<i>Engelhardtia guatemalensis</i> Standl.	Junglandaceae
	<i>Phoebe acuminatissima</i> Lundell.	Lauraceae
	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehren.	Pinaceae
	<i>Podocarpus oleifolius</i> D. Don In Lambert.	Podocarpaceae
	<i>Matayba oppositifolia</i> (A.Rich) Britton	Sapindaceae
	<i>Cleyera Theaeoides</i> (SW) Choisy	Theaceae
<i>Drymis granadensis</i> L.	Winteraceae	
Bosque de pinos.	<i>Acer skutchii</i> Rheder	Aceraceae
	<i>Rhus vestita</i> Loes	Anacardiaceae
	<i>Ilex brandegeana</i> Loes	Aquifoliaceae
	<i>Oreopanax</i> Aff. <i>Peltatus</i> Linden ex Regel	Araliaceae
	<i>Brahea salvadorensis</i> Wendl. Ex Becari.	Arecaceae
	<i>Ostrya virginiana</i> var <i>guatemalensis</i> Macbride	Betulaceae
	<i>Clethra jhonstonii</i> Standl & Steyerm.	Clethraceae
	<i>Cornus disciflora</i> DC.	Cornaceae
	<i>Quercus Tristis</i> Lieb	Fabaceae
	<i>Quercus sapotaefolia</i> Liebm.	Fabaceae
	<i>Quercus brachystachys</i> Benth	Fabaceae
	<i>Quercus skinneri</i> Benth	Fabaceae
	<i>Quercus polymomorpha</i> Schelecht & Cham	Fabaceae
	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Hamamelidaceae
	<i>Acacia pennatula</i> Schlecht. & Cham	Mimosaceae
	<i>Pinus tecunumanii</i> (Schw.) Enguiluz et . Perry	Pinaceae
<i>Pinus maximonii</i> H.E. Moore	Pinaceae	
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede.	Pinaceae	

Fuente: Medinilla, 1999.

El recurso flora ha sido muy afectado, principalmente por los incendios forestales que afectan el área anualmente, principalmente para poder incrementar la zona de producción agrícola y ganadera, como también la deforestación en la extracción de materiales energéticos.

5.4.2 Fauna silvestre.

Las especies silvestres que se encuentran en el área según el plan maestro de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, DFN (2) se muestran en el cuadro 7. Ha existido una disminución de la fauna en los últimos años, debido principalmente a la cacería de para consumo y también deportiva, como también la deforestación y los incendios Siendo los principalmente los siguientes:

Cuadro 7. Especies de fauna silvestre en la subcuenca Río Hondo, Zacapa.

Clase	Especie	Nombre común
Mamíferos	<i>Sylvilagus sp.</i>	Conejo de monte
	<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla
	<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armadillo
	<i>Didelphys marsupialis</i>	Tacuazín
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Gato de monte
	<i>Mustela sp.</i>	Comadreja
	<i>Canis latrans</i>	Coyote
	<i>Mus sp.</i>	Ratón
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
	<i>Sus sp</i>	Coche de monte
Aves	<i>Accipiter sp.</i>	Gavilan
	<i>Myadestes obscurus</i>	Jilguero
	<i>Quiscalus sp.</i>	Zanate
	<i>Columbigallina minuta</i>	Tortolita
	<i>Caragyps atratus</i>	Zopilote
	<i>Columba fasciata</i>	Paloma silvestre
	<i>Notiocheiidon sp.</i>	Golondrina
	<i>Pharomachrus mocino</i>	Quetzal
Reptiles	<i>Hyla sp.</i>	Rana
	<i>Basiliscos vittatus</i>	Cutete
	<i>Bufo sp</i>	Sapo
	<i>Micurus sp.</i>	Coralillo
	<i>Natrix sp.</i>	Serpiente

Fuente: Defensores de la Naturaleza, Plan Maestro, Reserva de Biósfera Sierra de las Minas 2003

5.4.3 Fauna domestica

En base a recorridos de campo se pudo determinar que la fauna doméstica en la subcuenca, es aprovechada para consumo familiar (en su mayoría), por tanto la producción de los mismos se convierte en una actividad importante en la subcuenca, en el cuadro 8 se muestra un listado de la principal fauna doméstica para la subcuenca.

Cuadro 8. Especies de fauna doméstica de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa.

Clase	Especie	Nombre común
Mamíferos	Canis familiares	Perro
	Sus scropha	Cerdo
	Felis catus	Gato
	Equus caballus	Caballo
	Bos taurus	Bovinos
	Capra sp.	Cabra
Aves	Gallus gallus	Gallo
	Milagros sp.	Pavo
	Anus sp.	Pato

Fuente: observaciones de campo.

5.5 Análisis de la problemática

5.5.1 Problemas detectados

Considerando la información obtenida de los recursos naturales de la subcuenca del Río Hondo, mediante las observaciones en los recorridos de campo y las entrevistas a los habitantes de Río Hondo y personal de las instituciones encargadas al manejo del área, se determinaron los siguientes problemas:

- Deforestación
- Contaminación del agua superficial
- Sobreutilización del suelo.
- Erosión de los suelos.
- Pérdida de biodiversidad.
- Incendios forestales

5.5.2 Matriz de priorización de problemas

La matriz de priorización de problemas se llevo a cabo con la participación de los integrantes del área en estudio como con algunos guardabosques del área protegida Sierra de las Minas, siendo un rango de 1-10 para cada problemática.

Cuadro 9. Matriz de priorización de problemas, de la subcuenca del Río Hondo.

Problemas	Pérdidas económicas (0-10)	Daños al Ambiente (0-10)	Personas afectadas por el problema (0-10)	Prioridad (sumatoria)
Deforestación	2	6	4	F 12
Contaminación del agua superficial	6	8	8	A 22
Cambios inadecuados en el uso de la tierra	5	8	5	D 18
Erosión de los suelos.	6	6	4	E 16
Pérdida de biodiversidad.	5	10	4	C 19
Incendios forestales	4	10	6	B 20

Con respecto a la problemática detectada en el cuadro 9, se colocó en el primer lugar de priorización de problemas la contaminación del agua superficial, debido a que es contaminada por la población local, la fauna silvestre y domestica, la cual los pobladores por no ver su aspecto sucio es consumida sin ningún tratamiento, y una parte de la población está conciente que está contaminada pero no tienen ningún estudio actualizado que indique cual ó cuales son las causas de la contaminación, en la figura 6 se muestran una de las fuentes de contaminación y el uso de el agua superficial.



Figura 6. Utilización del agua superficial, en la subcuenca Río Hondo

En segundo lugar de priorización de problemas se encuentran los incendios forestales, que ocurren principalmente en los bosques de pino, eliminando con ellos la biodiversidad tanto vegetal como animal que se encuentra en la subcuenca, derivados principalmente por parte de la población local, para poder aumentar las áreas de pastoreo del ganado.



Figura 7. Incendios forestales, en la subcuenca Río Hondo Zacapa

En tercer lugar de priorización se tiene la pérdida de la biodiversidad, aunque esta muy ligada a los incendios, también una causa es principalmente la cacería de mamíferos y la captura de aves silvestres para una posterior venta, como también otra causa es la deforestación que se da en el área.



Figura 8. Pérdida de biodiversidad animal y vegetal, en la subcuenca Río Hondo

6. CONCLUSIONES

- El recurso hídrico superficial en el área es abundante, principalmente por la conservación de las partes altas de la subcuenca y la alta cantidad de nacimientos de agua existentes en la parte media y alta de la subcuenca del Río Hondo, pero presenta problemas de contaminación por las comunidades locales dentro de la subcuenca.
- La flora de la subcuenca está representada por dos macrocomunidades, la primera de coníferas y la segunda de latifoliadas, dicho recurso disminuye principalmente por los incendios forestales, las especies de fauna silvestre está disminuyendo principalmente por la eliminación de hábitat debido al cambio del uso de la tierra y los incendios forestales, como también la cacería por parte de las poblaciones ubicadas dentro y fuera de la subcuenca.
- La principal problemática encontrada en el área radica principalmente en la contaminación del agua superficial, los incendios forestales, seguido por la pérdida de la biodiversidad de flora y fauna.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
2. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, GT). 2004. III plan maestro 2003-2008: reserva de Biósfera Sierra de las Minas. Guatemala. 66 p.
3. _____. 2004. Sistema de organización por cuencas hidrográficas. Guatemala, Fondo del Agua del Sistema Motagua-Polochic. s.p.
4. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1978. Mapa geológico de Guatemala: hoja de Río Hondo, no. 2261 II G. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
5. _____. 2003. Mapa topográfico de Guatemala: hoja de Río Hondo, no. 2261 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. 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.
7. 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 27 feb 2004. Disponible en <http://www.maga.gob.gt/sig>
8. _____. 2001. Mapa fisiográfico geomorfológico de la republica de Guatemala: memoria técnica (en línea). Guatemala. Consultado 22 feb 2007. Disponible en <http://www.maga.gob.gt/sig>
9. _____. 2001. Mapas temáticos digitales de la republica de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. 1 CD.
10. Medinilla, O. 1999. Estudio florístico de los bosques con dominancia de especies del género *Pinus* en la microcuenca del río Colorado, Río Hondo, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 135 p.
11. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.

CAPITULO II
INVESTIGACIÓN
CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA
RÍO HONDO, ZACAPA

CHARACTERIZATION OF THE RECOURSE SUPERFICIAL HIDRIC OF THE SUB-
BASING RÍO HONDO, ZACAPA.

CARACTERIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA RÍO HONDO, ZACAPA.

CHARACTERIZATION OF THE RECOURSE SUPERFICIAL HIDRIC OF THE SUB- BASING RÍO HONDO, ZACAPA.

RESUMEN

La subcuenca Río Hondo, forma parte de las 52 subcuencas hidrográficas de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (RBSM), dicha subcuenca se encuentra ubicada en el municipio de Río Hondo, del departamento de Zacapa. Actualmente la presión ejercida por las poblaciones dentro y fuera de la subcuenca, ejercen un efecto negativo debido a la degradación de los recursos naturales, principalmente en la calidad y cantidad del agua superficial, la cual es un suministro para dichas poblaciones.

El manejo de la RBSM se encuentra a cargo de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), la cual la protege y provee directrices para el manejo sus recursos naturales. De acuerdo con las líneas de trabajo de FDN y el apoyo del Proyecto Maple-Sierra de las Minas (FAUSAC-CONCYT), se procedió a la realización del trabajo de la caracterización del agua superficial de la subcuenca de Río Hondo, generando información sobre la morfometría y calidad y cantidad de agua disponible dentro de la subcuenca, teniendo como fin poder establecer estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos de la subcuenca.

La subcuenca cuenta con un área de 103.96 km², un perímetro de 53.80 Km. lineales, encontrándose 3 ríos principales, siendo estos Río Hondo, Río Colorado y Río la Lima, categorizada como de orden 5, con una forma alargada o de pera, con una alta densidad de drenaje. Asimismo dentro de la subcuenca se puede encontrar una pendiente media del 40% con una clasificación P3, con una elevación media de 1,733 msnm, que van desde los 180 msnm a los 2,400 msnm, encontrándose las mayores pendientes o escarpes en la sección media de la subcuenca, siendo está una subcuenca relativamente joven, con poco grado de madurez.

Para la cuantificación de la disponibilidad del agua se realizó un balance hidrológico de la subcuenca determinando la precipitación pluvial, escorrentía superficial y la evapotranspiración, logrando obtener un estimado de la recarga hídrica para un año hidrológico. Obteniendo como resultados medios anuales de 2,445.82 mm. de precipitación anual, una escorrentía promedio anual de 1.74 m³/s ó una lamina de 587.02 mm. y una evapotranspiración de 1470.73 mm., obteniendo como resultado de estos tres parámetros una recarga hidrológica aproximada de 388.77 mm. anuales.

Con base a los resultados de laboratorio, de campo y las comparaciones con las normas COGUANOR de agua para consumo humano, se determinó que los parámetros fisicoquímicos están por debajo de estos límites, por lo que si son aceptados para consumo humano, no así los análisis bacteriológicos, los cuales evidenciaron la presencia de la bacteria *Escherichia coli* Migula, en todas las muestras, las cuales sobrepasan los límites aceptables de coliformes totales y fecales, de acuerdo con análisis realizados para su utilización en riego, estas aguas si son aceptables para el riego y la agricultura.

Con base a los resultados obtenidos en la investigación se recomienda la realización de un balance hídrico de suelos para complementar la información del balance hidrológico, como también un monitoreo diario o semanal de los caudales, implementar campañas de concientización ambiental y campañas de salud sobre distintos métodos de purificación y cloración del agua para consumo humano, para lograr asegurar un uso adecuado de los recursos naturales y asegurar una mayor y mejor calidad del agua.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las instituciones nacionales e internacionales se han preocupado por los crecientes problemas derivados de la utilización inadecuada de los recursos naturales. Los recursos que son principalmente afectados son suelo y agua, en diferentes intensidades, de acuerdo al manejo forestal utilizado y la intensidad de uso del suelo.

En Guatemala la presión sobre el recurso hídrico derivado de la degradación de la cobertura vegetal y suelo, en áreas de captación y regulación hidrológica, se manifiesta cuando los manantiales se pierden y se reduce el régimen del caudal de los ríos.

Actualmente la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), está trabajando en el programa para la conservación, del corredor biológico del bosque nuboso, el manejo de ecosistemas del bosque mixto pino-encino y el monitoreo de la calidad y cantidad de agua y la conservación del maple de Guatemala, pero no cuenta con información básica y actualizada, sobre aspectos de la morfometría de la subcuencas de los ríos Motagua y Polochic, así como tampoco la calidad y cantidad del agua disponible.

El presente estudio se realizó en la subcuenca de Río Hondo de la cuenca del río Motagua, en el departamento de Zacapa, siendo una de las 52 subcuencas que conforman la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas, la cual presenta; cinco zonas de vida y cuatro series de suelo, las poblaciones asentadas en la parte media y alta de la subcuenca presentan una baja densidad poblacional, únicamente se encuentra presente los caseríos San Lorenzo y Alejandría.

La presente investigación, es parte de las actividades del Programa del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el apoyo del Proyecto Maple - Sierra de las Minas, realizado de febrero a diciembre del 2008. Está investigación pretende generar información básica sobre la morfometría, la cantidad y calidad de agua dentro de la subcuenca de Río Hondo, para que esta información pueda servir para el planteamiento de futuras estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos naturales en la subcuenca.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

De la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas se originan 63 ríos permanentes, agrupados en 52 subcuencas hidrográficas, de ellas la subcuenca del Río Hondo, se divide en dos microcuencas. Está subcuenca presenta un gradiente altitudinal que permite que se desarrollen las condiciones microclimáticas para la formación de 5 zonas de vida. Asimismo sus partes media y alta se encuentran dentro el Área Núcleo, Usos Múltiples y Amortiguamiento de la RBSM, siendo estas áreas un reservorio de germoplasma, madera, leña, nacimientos de agua, etc.

La degradación de los recursos naturales de la subcuenca por parte de las poblaciones que se encuentran dentro y fuera de la misma, están provocando problemas ambientales, que repercuten en la calidad y cantidad del agua superficial, así como en los otros recursos naturales.

La Fundación Defensores de la Naturaleza del distrito Motagua, tiene a su cargo varios componentes de los programas para la conservación, del corredor biológico del bosque nuboso, el manejo de ecosistemas del bosque mixto pino-encino y el monitoreo de la calidad y cantidad de agua, no cuenta con información básica y actualizada, sobre aspectos de la morfometría de la subcuenca, calidad y cantidad del agua.

Entre los lineamientos de trabajo de desarrollados en el distrito Motagua, se contemplo la realización de estudios de caracterización del recurso hídrico superficial, con la cual generará información básica y actualizada para el planteamiento de programas de investigación, monitoreo de la subcuenca y gestión de proyectos de conservación.

Por lo que este estudio generará información básica sobre la morfometría de la subcuenca, la cantidad y calidad de agua dentro de la subcuenca de Río Hondo, para que está información pueda servir para el planteamiento de estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos naturales dentro de la subcuenca.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Cuenca hidrográfica

3.1.1.1 Definición de 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 (8).

Por su parte Robledo Hernández (27), indica que la cuenca hidrográfica es el espacio territorial limitado por las partes más altas de las montañas, ladera y colinas, en el que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal que se integra al mar, lago u otro río mas grande. Este espacio se puede delimitar en una carta altimétrica, siguiendo la divisoria de las aguas "*divoritium aquarum*". Los límites están claramente marcados y normalmente no corresponden con límites administrativos u otros límites.

3.1.1.2 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 si, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (26).

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 (26).

3.1.1.4 Parte aguas

La línea divisoria entre cuencas, subcuencas o microcuencas, se llama “parte aguas” o “divisoria de aguas”. El parte aguas no es nada mas que los limites determinados por las partes mas altas del área y que separan la dirección de flujo de la esorrentía superficial (16).

Según Herrera Ibáñez (8), define al parte aguas como la línea divisoria entre cuencas que corresponde igualmente limite 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”.

La línea entre cuencas, subcuencas o microcuencas y no es mas que los limites determinados por las partes mas altas del área y que separan la dirección del flujo de la esorrentía superficial (27).

3.1.1.5 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 (8)

3.1.1.6 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 (8).

3.1.2 Aspectos morfométricos

Los conceptos morfométricos que a continuación se describen fueron tomados del manual de Hidrológica de Herrera Ibáñez (8), y se enumeran de acuerdo al orden de determinación de cada parámetro considerado según la metodología del manual.

3.1.2.1 Aspectos lineales de la cuenca.

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 (8).

b. Grafica log Nu. vrs u

Es una relación, que se utiliza para determinar si los ordenes de corrientes y los números de cada uno, se definieron correctamente. La gráfica se plotea en papel semilogarítmico 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 (8).

Donde:

Nu = Número de corrientes de orden u

u = Orden de una corriente.

c. Longitud media de corrientes (L_u)

Es indicador de pendientes de tal cuenta que las cuencas corrientes con longitudes cortas reflejan pendientes muy escapadas y las cuencas con longitudes largas van a reflejar pendiente suaves o planas (8).

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

Nu

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 (8).

3.1.2.2 Aspectos de relieve

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 (8).

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 (8), sugirió un factor adimensional de forma "Rf" como índice de la forma de una cuenca según la ecuación:

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

Donde: Ak = Área de la cuenca en estudio en km²

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

Se tienen valores diferentes de relaciones de forma, según forma geométrica de la cuenca, donde para un círculo es de 0.73; 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 (8).

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 (8).

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 (8).

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

Donde:

La = Longitud acumuladas de las corrientes, en km.

Ak = Área de la cuenca, en km²

Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta (8).

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 (8).

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

Donde:

Ntc = Número total de corrientes.

Ak = Área de la cuenca, en km²

3.1.2.3 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 visita 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 (8).

a. Pendiente media de la cuenca (S_c)

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 (8).

a.1 Método de Alvord (8).

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

Donde:

D = Diferencia Vertical entre curvas de nivel.

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

a.2 Método de Horton (8).

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: $S_c = \left(\frac{S_x + S_y}{2} \right) * 100$

$$S_x = \frac{N_x \cdot D}{L_x} \quad S_y = \frac{N_y \cdot D}{L_y}$$

Donde:

N_x = Número total de intersecciones en "x"

N_y = Número total de intersecciones en "y"

L_x = Longitud total de la cuadrícula "x"

L_y = Longitud total de la cuadrícula "y"

D = Intervalo entre curvas

Cuadro 10. Simbología utilizada para la caracterización del relieve.

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

Fuente: Herrera, 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 (8).

b.1 Método analítico

Se determina de acuerdo a las diferencias de altura entre curvas de nivel y la longitud del cauce principal (8).

$$S_{cp} = \frac{\Delta H * 100}{dH}$$

Donde:

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

dh = Longitud o distancia horizontal del cauce principal.

b.2 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 (8).

c. Elevación media de la cuenca (Em)

Uno de los parámetros de mayor importancia de encontrar en la cuenca es la elevación Media de la cuenca, ya que da idea del grado de madurez de la misma. Este aspecto relaciona también a la temperatura y la precipitación. A su vez la variación de la temperaturas influye en la variación de las pérdidas de agua por evaporación, y por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo la elevación media de la cuenca (8).

c.1 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 (8).

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" (8).

3.1.3 Recurso hídrico

3.1.3.1 Escorrentía superficial

Es el drenaje del exceso de agua que no se infiltra ni se evapora de la superficie antes que el agua llegue a los ríos y red de drenaje. Cuando ya llega a los ríos se le puede llamar escurrimiento total o caudal de la cuenca (11).

Las características fundamentales que se deben de tomar en cuenta para analizar la esorrentía son; el área de inicio de la esorrentía, la cantidad total, la velocidad y la carga de sedimento que lleva. El punto de inicio es importante porque en tal área es donde se debieran enfocar los esfuerzos de controlar la esorrentía (11).

El caudal o gasto es el volumen de agua que pasa por una sección específica del cauce de un río, en un tiempo determinado; y al conjunto de operaciones que conducen a la valorización del gasto, se le denomina AFORO (8).

3.1.3.2 Disponibilidad de cantidad de agua.

Las disponibilidades del agua se refieren básicamente si los escurrimientos de agua son los mismos o cual e su variación en el tiempo y si su cantidad es suficiente para satisfacer los requisitos o demandas de los diversos proyectos existentes y por realizar dentro de la cuenca (25).

El monitoreo de las disponibilidades de agua o escurrimiento se lleva a cabo mediante la aplicación de distintos métodos de aforo según como las circunstancias lo demanden. Puede mencionarse que para pequeños nacimientos o corrientes de agua, se puede emplear el método del recipiente de un volumen conocido, y el cual consiste en medir el tiempo requerido para llenar dicho volumen cuando se toma toda el agua de dicha fuente o corriente (25).

3.1.3.2 Métodos de aforo

Los métodos prácticos de aplicación más frecuentes son:

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

a. 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 (8).

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 (8).

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

b. 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 (8).

c. Método de vertederos y orificios

Consiste esencialmente en interponer un tabique ante una corriente de manera que se de 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 (8).

d. 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 (8).

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

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

Cuadro 11. Espaciamiento de sondeos según el ancho del cauce.

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

Fuente: Herrera, 1995.

3.1.3.3 Calidad del 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. 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 (7, 24)

En el año de 1,984 se estableció la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), la cual está adscrita al Ministerio de Economía. Dicha comisión fijó las normas de calidad del agua potable, mediante la norma NGO 29001 Agua Potable. (19)

Para establecer la calidad de agua se deben de tomar 3 aspectos importantes (19).

a. Características fisicoquímicas.

- **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 (19),

- **Las características químicas**, se refiere al contenido de sales, metales u otro elemento o sustancia química que sea limitante para uso domestico o en la agricultura (19), las normas químicas propuestas por COGUANOR se muestran en el cuadro 3.

De acuerdo con el Ministerio de Economía (22), la norma COGUANOR NGO 29001 define los tipos de límites máximos para las características físicas, químicas y sustancias tóxicas presentes en el agua potable, contiene 2 términos, que son los siguientes:

- **Límite Máximo Aceptable (LMA)**: máxima concentración en la cual una sustancia química presente en el agua podría causar daño al consumidor y límite en el cual otras características podrían resultar desagradables al consumo.
- **Límite Máximo Permisible (LMP)**: la concentración supera el valor establecido, por lo que el agua representa un riesgo tóxico a la salud humana y no es adecuada para el consumo humano.

Cuadro 12. Parámetros Físico -Químicos de la calidad del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Normas COGUANOR	
		LMA	LMP
Color	u	5.0	35.0
Sabor		No rechazable	
Olor		No rechazable	
Temperatura	° C	15-25	34
Sólidos disueltos	mg/l	500	1000.0
Oxígeno Disuelto	mg/L	---	> 5.0
Conductividad eléctrica	µS/m	---	<1500.0
Potencial de hidrogeno (pH)	unid	7.0-7.5	6.5-8.5
Fosfatos (PO4-3)	mg/L	---	1.3
Nitratos (NO3-N)	mg/L	---	10.0
Nitritos (NO2-N)	mg/L	---	1.0
Amoniaco (NH3-N Salic)	mg/L	---	< 1.5

Fuente: COGUANOR, 1999.

LMA: Límite Máximo Aceptable

LMP: Limite Máximo Permisible

b. Características biológicas

Se refiere a la cantidad de macro y microorganismos presentes en la misma y que perjudiquen la salud de quienes la ingieran o utilicen (19)., las normas COGUANOR toman

como parámetros biológicos a coniformes Totales, Coniformes fecales y la presencia de la bacteria *E. coli*, presentando los parámetros reglamentarios por COGUANOR en el cuadro 13.

Cuadro 13. Parámetros bacteriológicos de la calidad del agua para consumo humano.

Parámetro	LMP
Coniformes Totales NMP/100ml	< 2 NMP/100ml
Coniformes Fecales NMP/100ml	< 2 NMP/100ml
<i>Escherichia coli</i> Migula	Sin presencia

Fuente: COGUANOR, 1999.

NMP: número mas probable en 100 ml de H₂O

3.1.4 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.

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

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

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.

El método de balance hídrico tiene las siguientes cuatro 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 como afectan los cambios imperantes en ciertos componentes que podrían estar sobre otros componentes del sistema o subsistema.

Padilla (24), establece que 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.

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.

3.1.5 Fotogrametría y sistemas de información geográfica

3.1.5.1 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 (11).

3.1.5.2 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 (28).

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 (28).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Antecedentes

La subcuenca del río Hondo comprende una de las 52 subcuencas hidrológicas que conforman la Sierra de las Minas, encontrándose desde su parte media a alta de carácter protegido, existiendo las área núcleo, áreas de usos múltiples y el área de amortiguamiento, siendo la Fundación Defensores de la Naturaleza la encargada de administrar y manejar adecuadamente el área de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas (3).

3.2.2 Descripción del área de la subcuenca del Río Hondo

3.2.2.1 Ubicación y posición geográfica

La subcuenca del Río Hondo se encuentra ubicada en el municipio de Río Hondo Zacapa, como también el Estor y Panzós de los departamentos de Izabal y Alta Verapaz respectivamente, en la parte alta de la misma, la cual se encuentra ubicada en las coordenadas del sistema Universal Transverse Mercator –UTM- 1,664,881 a 1,769,121. norte y 867,572 a 864,235 este (7). (ver figura 9).

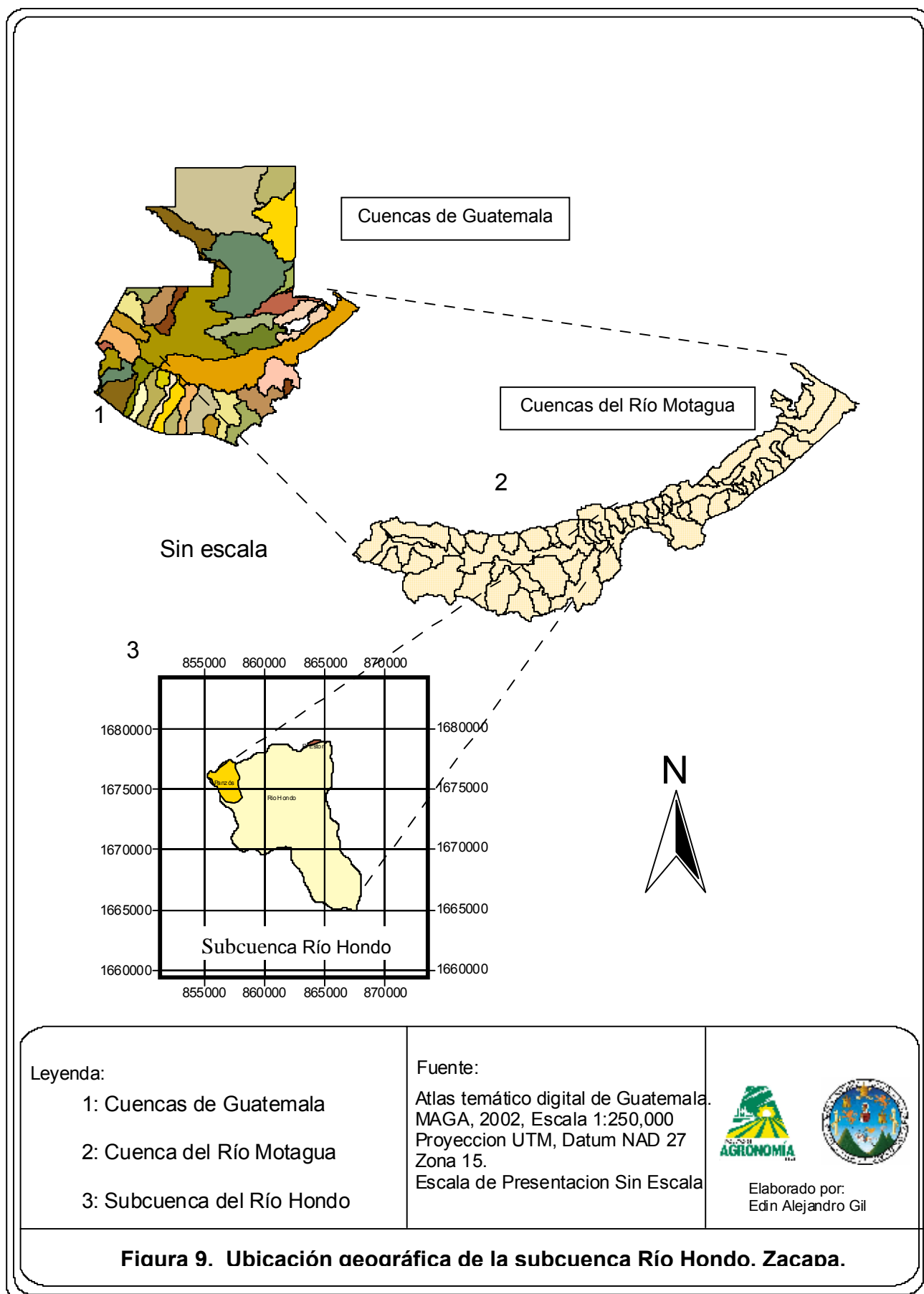
3.2.2.2 Vías de acceso.

La principal vía de acceso a la subcuenca del Río Hondo es la carretera CA-9 que de la ciudad de Guatemala, se extiende al oriente hacia Izabal. A la altura del kilómetro 132, en jurisdicción de la cabecera municipal de Río Hondo.

Dentro del área de estudio, se determinó que existe una red vial de 25 Km. que comunica los diferentes poblados, la cual en su mayoría son transitables durante la época seca (12).

3.2.3 Centros poblados

En la subcuenca, se localizan los siguientes poblados: Río Hondo, El Chorro, El Tecolote, Llano Verde, Panaluya, San Lorenzo y el Copinol, la población total estimada por cada lugar poblado y por sexo, se muestra en el cuadro 14.



Cuadro 14. Lugares poblados, categoría y población total

Lugar Poblado	Categoría	Población	SEXO	
			Hombres	Mujeres
RIO HONDO	VILLA	2,234	1,066	1,168
EL CHORRO	CASERÍO	13	6	7
EL TECOLOTE	ALDEA	188	93	95
LLANO VERDE	ALDEA	430	209	221
PANALUYA	ALDEA	198	91	107
SAN LORENZO	CASERÍO	41	21	20
EL COPINOL	PARAJE	8	3	5

Fuente: XI Censo de Población, VI Habitacional 2,002. INE

3.2.4 Aspectos biofísicos

3.2.4.1 Zonas de vida

En la Subcuenca del Río Hondo se lograron ubicar cinco zonas de vida según el sistema de Clasificación de Holdrige y modificado por De la Cruz (2), se ubicó en la parte alta de la cuenca la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Subtropical Frió, siguiéndole un Bosque Pluvial Montano Bajo, Bosque húmedo subtropical templado, Bosque seco subtropical hasta llegar al Monte espinoso subtropical. (figura. 10), Correspondiendo a las siguientes áreas y porcentajes encontrados en el cuadro 15:

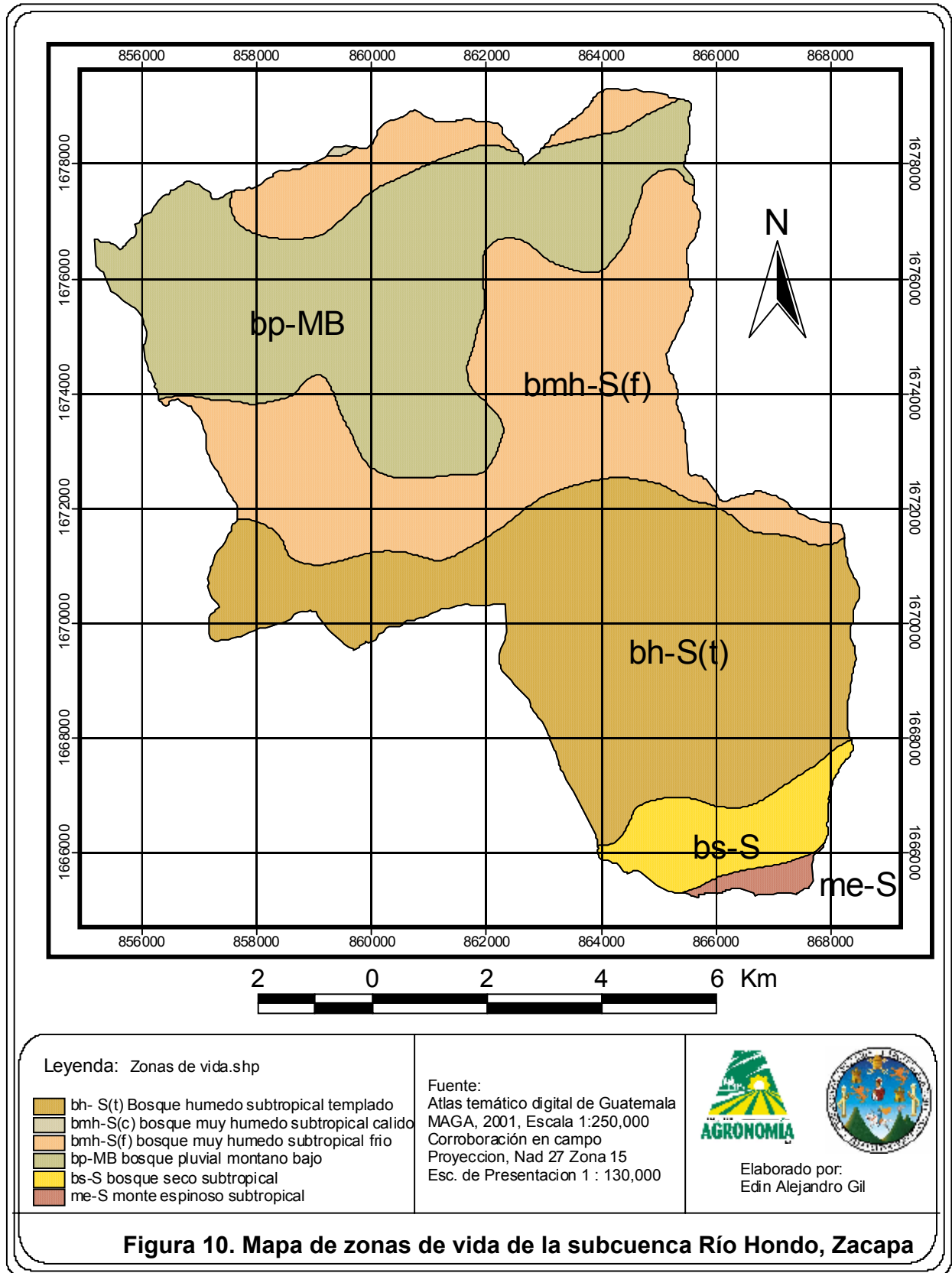
Cuadro 15. Zonas de vida de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa.

Símbolo	Zonas de Vida	Km. ²	%
bmh-S(f)	Bosque Muy Húmedo Subtropical Frió	31,70	31.20
bp -MM	Bosque Pluvial Montano Bajo	32,43	31.01
bh-S(t)	Bosque Húmedo Subtropical Templado	32,65	31.40
bs-S	Bosque Seco Subtropical	5,52	05.31
me-S	Monte espinoso Subtropical	1,66	01.22
Total		103,95	100

Fuente: MAGA 2001.

3.2.4.2 Hidrografía

El cauce principal de la Subcuenca del Río Hondo es el Río Colorado que se une al Río La Lima, para formar El Río Hondo (4). Dicha subcuenca pertenece a la cuenca del Río Motagua, que pertenece a la vertiente del Mar de las Antillas.



3.2.4.3 Fisiografía y geomorfología

El relieve característico de la subcuenca del Río Hondo, va desde ondulado hasta escarpado y la elevación promedio es de 1350 msnm, con un rango que va desde los 200 hasta los 2500 msnm.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) (18), la subcuenca del Río Hondo, se encuentra dentro del gran paisaje Sierra de las Minas que pertenece la región fisiográfica denominada Tierras Altas Cristalinas. La Sierra de las minas, se caracteriza por presentar laderas de fuerte pendiente y divisorias angostas, patrones de drenaje subdendritico, subparalelo.

3.2.4.4 Geología

El área, está ubicada en el bloque de la falla de la Sierra de las Minas, está compuesta predominantemente por capas foldeadas de filito paleozoicas y rocas metamórficas graníticas falladas en los contactos con las rocas jóvenes hacia el sureste, siendo la Formación Jones (principalmente filita y esquistos micáceos anfibolita y mármol), Formación San Agustín(Psa, gneiss granítico cataclástico, Psam migmatita) , Formación San Lorenzo (mármol) y Rocas posiblemente paleozoicas (10).

3.2.4.5 Serie de suelos

Según Simmons et al. (32), en la subcuenca del Río Hondo se encuentran las series de suelos, Chol, Marajuma, Suelos de los Valles y Tamahú (ver figura 11), la distribución del área de cada serie dentro de la cuenca se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Serie de suelos, subcuenca del Río Hondo, Zacapa.

Serie de suelos por Simmons et al.				
NO.	Código	Serie	Área Km²	Unidad en %
1	Chg	Chol	32,18	32,18
2	Mj	Marajuma	32,92	32,92
3	SV	Suelos de los Valles	33,14	33,14
4	Tm	Tamahú.	5,71	5,71
Total			103,95	100

Fuente: MAGA, 2001. Simmons et al, 1959.

- **La serie de suelos Chol (Chg)** ocupa un 26.56 % del área total, y se identifica como un perfil de suelos con las siguientes capas: el suelo superficial es de textura franco arenoso fino a franco arcillo arenosos, de color café grisáceo a café rojizo, estructura poco desarrollada y profundidad de 0.10 m.; el subsuelo tiene una profundidad de 0.40 m. o mas, es franco arcilloso de color café rojizo; y el substrato es esquisto suave con diferentes porcentajes de intemperización. Son suelos excesivamente drenados, desarrollados sobre esquisto y ocupa relieves muy inclinados.
- **La serie de suelos Marajuma (Mj)**, ocupa un 11.60 % del área dentro de la cuenca, el perfil del suelo se caracteriza por las siguientes capas: suelos superficial a una profundidad de 0-0.20 m., textura franco limosa, con una coloración café oscuro, presentando suelos muy fértiles, con una estructura granular fina a migajosa fina; el subsuelo se encuentra a una profundidad de 1.0 m, presentando una textura Franco limosa a arcilla micácea, con una coloración café rojizo a amarillo rojizo., con una estructura granular mediana y el substrato que esta compuesto por esquisto intemperizado a una profundidad mayor de 2 m. Son suelos bien drenados, originados de esquisto y la topografía es muy escarpada hasta fuertemente inclinada.
- **La serie de suelos de los valles (Sv)**, se presenta en el área con un menor porcentaje que es de 4.23%, encontrándose principalmente en el valle del Motagua, siendo la parte mas baja, donde la textura superficial son arcillas, con un color gris oscuro a café grisáceo, con profundidad de 0.40 m con una estructura granular fina, el subsuelo, con una textura superficial de arcillas con perfiles profundos de 0.80 m, suelos regularmente drenados, con una topografía que va desde lo ondulado hasta lo plano.
- **La serie de suelos Tamahú (Tm)** es la que se presenta en mayor cantidad dentro de la subcuenca con un 57.7 %, y se identifica con un perfil con las siguientes capas: el suelo superficial es de una textura franca a franca arcillosa, de color café muy oscuro, estructura poco desarrollada con una profundidad de 0.20-0.30 m .; el subsuelo presenta una textura franco calcáreo o franco arcillosa, con una coloración café oscura, suelos regularmente con una profundidad de 0.7 m ó mas con una estructura moderadamente fina, con moderada pedregosidad. Estos suelos presentas buen drenaje y un relieve tipo Karst.

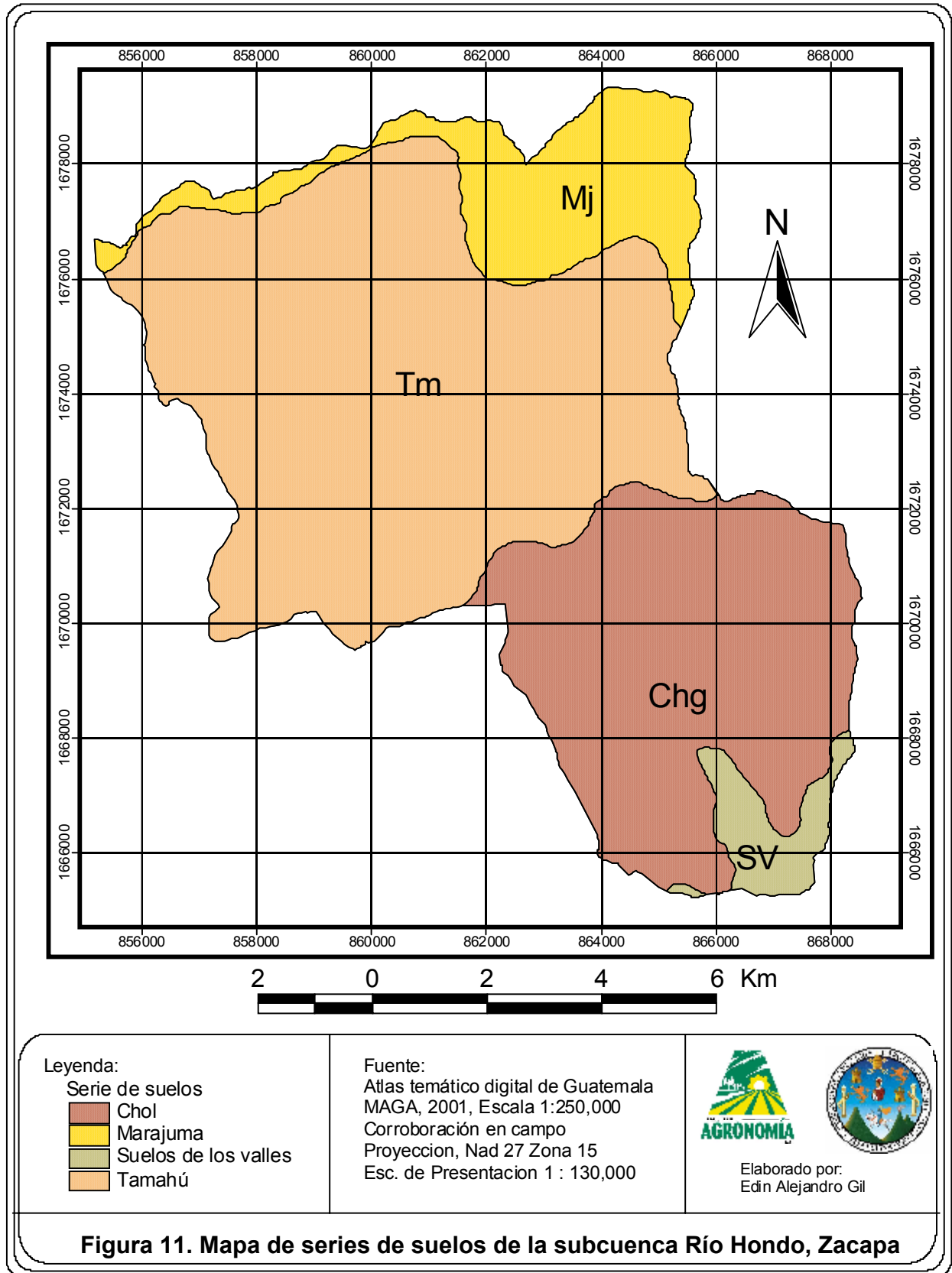


Figura 11. Mapa de series de suelos de la subcuenca Río Hondo, Zacapa

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una caracterización de la morfometría, calidad y cantidad del agua superficial de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los aspectos morfométricos de la subcuenca del Río Hondo, Zacapa.
- Realizar el balance hidrológico de la subcuenca Río Hondo, Zacapa.
- Determinar la calidad físico-química y microbiológica del agua de los principales afluentes de la subcuenca Río Hondo, Zacapa.

5. METODOLOGÍA

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

- Etapa inicial de Gabinete
- Etapa de Campo
- Etapa Final de Gabinete

5.1 ETAPA INICIAL DE GABINETE

5.1.1 Recopilación de información secundaria:

La recopilación de información bibliográfica y cartográfica tuvo como fin de 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 (paginas Web)

5.1.2 Caracterización morfométrica:

Para la realización de la caracterización morfométrica se siguió la siguiente metodología

5.1.2.1 Trazo de la subcuenca

a. Delimitación de la subcuenca

Inicialmente se procedió a la delimitación de la subcuenca sobre una hoja de acetato, mediante la utilización de la hoja cartográfica de Río Hondo No. 2261II, escala 1:50,000 a color, siguiendo el parteaguas conforme las curvas de nivel, desde el punto de aforo hasta la parte más alta de la misma.

b. Identificación de corrientes

Se identificaron las corrientes permanentes e intermitentes mediante la utilización de la hoja cartográfica de Río Hondo, y se procedió a determinar y trazar las corrientes efímeras de la subcuenca utilizando el comportamiento de las curvas a nivel.

5.1.2.2 Determinación de aspectos lineales de la subcuenca.

- a. **Perímetro de la subcuenca:** La longitud del perímetro de la subcuenca se realizó mediante el programa de digitalización R2V y el programa cartográfico ArcView 3.3.
- b. **Orden de corrientes:** El orden de las corrientes se definió de acuerdo al número de ramificaciones o bifurcaciones que presentó la red hidrológica de la subcuenca.
- c. **Grafica 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.
- d. **Radio de bifurcación medio:** se determinó mediante la utilización de la siguiente ecuación.

$$Rb = \frac{Nu}{N(U+1)} \text{ Siendo; } Rb = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Rbi}{n}$$

Donde:

Nu = número de corrientes de orden u. y

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

i = número de relaciones. i = 1...n

- e. **Longitud media de corrientes (Lū):** para su determinación se utilizó la siguiente ecuación:

$$L\bar{u} = (\text{longitud acumulada de corrientes de orden } u / Nu)$$

- f. **Grafica log Lū vrs. U:** Se colocó en el eje las abscisas **u** (orden de corrientes) y en el eje de las ordenadas **Log Lū** (Longitud media de corrientes), con la utilización de MS Excel.

- g. **Radio de longitud medio (RL̄):** se utilizó la siguiente ecuación:

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

h. Longitud acumulada de corrientes (La): $La = \sum_{i=1}^{i=n} Lu^* Nu$

5.1.2.3 Determinación de aspectos de superficie

a. Área de la subcuenca (Ak): el cálculo del área de la cuenca se realizó mediante la utilización del programa ArcView 3.3, la cual se calculó en hectáreas (ha) y kilómetros cuadrados (Km²).

b. Forma de la subcuenca

b.1 Relación de forma (Rf):

$$Rf = \frac{Ak}{Lc^2} \text{ donde:}$$

Ak = área de la subcuenca en estudio

Lc = longitud del cauce principal, medida desde el nacimiento del cauce hasta el Pto. De aforo.

b.2 Relación circular (Rc)

$$Rc = \frac{Ak}{Ac} \text{ Donde: } \mathbf{Ac} = \text{área de un círculo de perímetro igual al de la cuenca.}$$

c. Radio de elongación (Re):

$$Re = \frac{\Phi CA}{Lc} \text{ Donde:}$$

ΦCA = Diámetro de un círculo de área igual al de la cuenca.

Lc = Longitud del cauce principal.

d. Densidad de drenaje (D):

$$D = \frac{La}{Ak} = Km / Km^2 \quad \text{Donde:}$$

La= longitud acumulada de las corrientes

Ak= Área de la cuenca.

e. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)

$$F_c = \frac{N_{tc}}{A_k} \text{ Donde: NTC = Número total de corrientes.}$$

5.1.2.4 Aspectos de relieve

a. Pendiente media de la cuenca (sc): se determino con el método de Alvord.

$$S_c = \frac{D * L}{A_k} \text{ Donde:}$$

D= Diferencia vertical entre curvas de nivel

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

b. Pendiente del canal o cauce principal (Sc) : se utilizó el método analítico para la determinación de la pendiente

$$S_{cp} = \frac{\Delta H * 100}{dH} \text{ Donde:}$$

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): se determinó mediante el método de la curva hipsométrica. La curva hipsométrica se construyó determinando el área entre contornos de curvas a nivel a cada 100 m, por medio del programa de digitalización R2V, Posteriormente, se realizó una grafica 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 formula:

$$R_h = \frac{\Delta h}{100 * L_{tc}} \text{ donde:}$$

Δh= Diferencia de elevación entre el punto correspondiente a la estación de aforo y el punto mas alto en el perímetro de la cuenca

Ltc= Longitud total de las curvas dentro de la cuenca.

5.1.3 Ubicación de puntos de muestreo

5.1.3.1 Ubicación de puntos de aforo.

Se realizaron 3 puntos de aforo (ver figura 12), los cuales se ubicaron con la ayuda de la hoja cartográfica de Río Hondo y el reconocimiento del área, ubicando los lugares para el aforo, como se muestra en el cuadro 17.

Cuadro 17. Ubicación de puntos de muestreo de aforos en la subcuenca Río Hondo, Zacapa.

Ubicación	Coordenadas zona 15	
	X	Y
Río Colorado	0864,708.0	1,668,823.0
Río La Lima	0864468.0	1,726,606.0
Río Hondo, desembocadura.	0867,426.0	1,665,555.0

Fuente: elaboración propia

Los puntos de aforo se ubicaron de acuerdo a la accesibilidad del área, tanto en época seca como lluviosa para la realización de los mismos.

5.1.3.2 Ubicación de muestreo de calidad de agua.

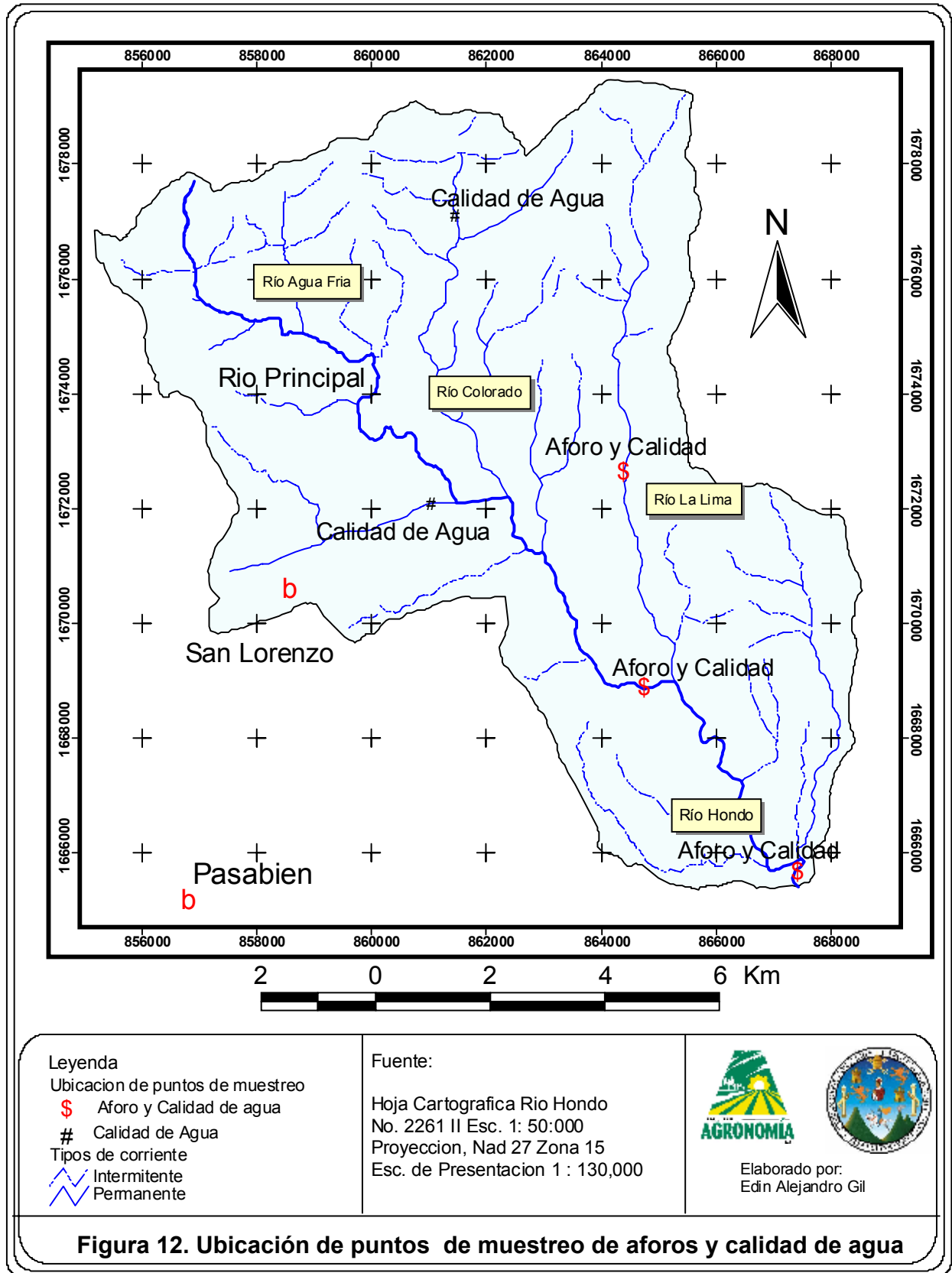
Los puntos de muestreo para el análisis de calidad de agua fueron cinco (figura 12), de ellos corresponden a los puntos de aforo y los otros dos a la parte alta de la subcuenca, estando ubicados en las siguientes coordenadas geográficas como se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. Ubicación de puntos de muestreo de calidad de agua en la subcuenca Río Hondo, Zacapa.

Ubicación	Coordenadas	
	X	Y
Río Colorado, desembocadura	0,864,855.0	1,668,733.0
Río Hondo, desembocadura.	0867,426.0	1,665,555.0
Río La Lima	0864468.0	1,726,606.0
Río Agua Fría, parte alta	0,856,969.0	1,675,771.0
Río Agua Fría, desembocadura	0,861,395.0	1,672,139.0

Fuente: elaboración propia

Estos puntos fueron tomados de acuerdo a disponibilidad de recursos y criterio propio (accesibilidad al área en época seca y lluviosa).



5.1.4 Recopilación de información climática

Se recopiló y organizó la información climática, de precipitación, temperatura máxima y mínima de la estación meteorológica del INDE ubicada en el caserío San Lorenzo, a mediados de la subcuenca (1780 msnm), como también se recopiló la información climática de la estación meteorológica del INSIVUMEH del Río Pasabién, la cual se encuentra en la parte baja de la misma (260 msnm).

5.2 ETAPA DE CAMPO

5.2.1 Reconocimiento del área:

Se realizaron recorridos de campo, por los distintos senderos y caminos que se encuentren dentro del área, principalmente para definir los límites de la subcuenca.

5.2.2 Realización de aforos.

El caudal de los ríos se calculó de acuerdo al método de aforo de sección velocidad, por medio de flotadores, en este caso se utilizó un trozo de madera de 5 cm*4 cm*2 cm, de color blanco (pintado con pintura de aceite), el cual es el flotador utilizado por los guarda recursos de la Fundación Defensores de la Naturaleza, para la estimación de la velocidad. Para el cálculo de la velocidad media, se utilizó la siguiente ecuación:

$$V_m = 0.9 * V_s$$

Donde: V_m = Velocidad media. V_s = Velocidad Superficial

Para el registro de la información se utilizó una boleta de campo como se muestra en el cuadro 19.

Cuadro 19. Boleta de recolección de información de aforos

Dist. Punto Inicial	Prof.de Vert.	Prof. Media	Ancho M	Tiempo Promedio	Veloc. Calc.	Veloc. Ajustada	Veloc. Media	Área Parcial	Caudal Parcial
m	m	m		Seg.	m/s	m/s	m/s	m ²	M ³ /s
						Q =			$\Sigma \Sigma$

Fuente: Herrera, 1995.

La frecuencia de los aforos utilizada fue de un aforo por mes durante 12 meses, (febrero-diciembre, 2007 y enero 2008).

5.2.3 Calidad del agua.

Los análisis químicos tales como pH, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto se realizara directamente en el campo con la ayuda de un equipo portátil completo marca Hach® y las sondas Sension®. También se tomaron muestras de agua en envases plásticos de 500 cc. debidamente identificados con el nombre del punto de muestreo para trasladarlos en una hielera a temperatura baja a la oficina, para realizarle los análisis químicos, tales como fosfatos, amonio, nitritos y nitratos con la ayuda del espectrofotómetro portátil Hach®. Los análisis bacteriológicos se determinaron en el laboratorio de microbiología de la Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC. En el cuadro 20, se muestran los parámetros fisicoquímicos y biológicos tomados en las muestras de agua.

La frecuencia de los análisis utilizada fue una en época seca y otra en época lluviosa.

Cuadro 20. Parámetro de análisis fisicoquímicos y biológicos a realizar, para la calidad de agua.

Análisis	Parámetro	Unidad
Físico	Sabor	---
	Olor	---
	Temperatura	°C
	Conductividad eléctrica	μS/cm
	Oxígeno disuelto	mg/L
	Sólidos disueltos	mg/L
Químico	pH	Un
	fosfato (PO ₄)	mg/L
	Amoniaco	mg/L
	Nitrito	mg/L
	Nitrato	mg/L
Biológico	Coniformes Totales NMP/100ml	NMP/100ml
	Coniformes Fecales NMP/100ml	NMP/100ml
	<i>Escherichia Coli</i>	--

5.3 ETAPA FINAL DE GABINETE.

5.3.1 Balance hidrológico de la subcuenca Río Hondo.

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

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

En donde las entradas de la subcuenca Río Hondo consisten en la precipitación pluvial, y las salidas están determinadas por el flujo de los ríos en los puntos de aforo y por la evapotraspiración.

a. 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 la estación meteorológica de San Lorenzo (1720 msnm) y la de Pasabién (260 msnm). Con los datos de los registros de precipitación de la estación, se determinó el valor de precipitación media mensual y media anual, mientras que su área de influencia se determinó a través de la realización de Isoyetas, ya que los polígonos de Thiessen no son aplicables donde los accidentes topográficos juegan un papel importante en la distribución de las lluvias.

b. Determinación de la evapotranspiración

Se tabularon los datos de temperatura máxima, mínima y mensual, de cada una de las estaciones de la subcuenca. Luego se calculó la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Hargreaves, por ser este uno de los métodos más practicados y confiables. La ecuación del método es la siguiente:

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

Donde:

ETP: Evapotraspiración en mm./mes

TFM: Temperatura media mensual

RSM: Radiación solar incidente mensual

Donde:

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

Donde:

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

Donde: RMM: $RS \times \text{No. De días del mes}$

Rs: Radiación solar extraterrestre (mm/día)

$S^{1/2}$

S: $Ks \times (100 - HR)^{1/2}$

S: duración máxima media diaria de horas de brillo solar

Ks: constante igual a 12.5

Los cálculos se efectuaron con un intervalo mensual, debido a que los registros históricos se encuentran de esta forma.

5.3.2 Sistematización de información

En esta etapa se sistematizó la información recopilada y verificada tanto en la fase inicial de gabinete como la información recopilada en campo, 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 subcuenca
- Análisis de los resultados de la calidad de agua.
- Elaboración de mapas: puntos de aforo, muestreo, mapa base, mapa hidrológico, e Isoyetas.

5.3.3 Análisis de resultados

Posterior a la sistematización de la información, se procedió a realizar un análisis unitario y global de los resultados, tanto los determinados en gabinete, como los determinados y actualizados en campo.

5.3.4 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 la subcuenca Río Hondo, Zacapa,

6. RESULTADOS

6.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA SUBCUENCA RÍO HONDO

6.1.1 Determinación de aspectos lineales de la subcuenca Río Hondo

La determinación de los parámetros lineales de la subcuenca Río Hondo se describen a continuación en el cuadro 21.

Cuadro 21. Resumen de aspectos lineales de la subcuenca Río Hondo.

No.	Aspecto Lineal	Resultado
1	Perímetro	53.80 Km.
2	Clase de corrientes	
	Permanente	3 corrientes
	Intermitente	30 corrientes
	Efímeras	337 corrientes
3	Orden de Corrientes	
	Orden 1	462 corrientes
	Orden 2	100 corrientes
	Orden 3	32 corrientes
	Orden 4	5 corrientes
	Orden 5	1 corriente
4	Radio de bifurcación medio	4.78
5	Longitud media de Corrientes	0.59 km.
	Lū 1	0.49 km.
	Lū 2	0.59 km.
	Lū 3	1.43 km.
	Lū 4	2.12 km.
	Lū 5	17.79 km.
6	Radio de Longitud Medio	3.305
7	Longitud Acumulada de Corrientes	357.42 km

Fuente: Elaboración propia

Nota: En apéndices se muestra el desglose de los resultados.

La Subcuenca de Río Hondo presenta un perímetro total de 53.80 Km. de longitud, encontrándose los distintos tipos de corrientes; 3 permanentes , 30 intermitentes y 337 efímeras, donde los tipos de corrientes permanentes están compuestas por los tres ríos o cauces principales los cuales son Río Colorado, Río la Lima y Río Hondo. La subcuenca

se determinó como de orden cinco, con 600 corrientes (462 orden uno, 100 orden dos, 32 orden tres, 5 orden cuatro y 1 orden cinco), lo que da la pauta de un buen drenaje y altas pendientes con un radio de bifurcación medio de 4.78, una longitud media de corrientes de 0.59 Km., un radio de longitud medio de 3.305 y una longitud acumulada de corrientes de 357.42 Km., reflejando pendientes muy escarpadas y muy susceptibles a la erosión hídrica. El cauce principal tiene una longitud de 22.19 Km. lineales, iniciando desde los 180 msnm (desembocadura al río Motagua), hasta los 2,200 msnm. En la figura 13, se muestra el mapa hidrológico de la subcuenca de Río Hondo, Zacapa.

6.1.2 Determinación de aspectos de superficie de la subcuenca Río Hondo

La determinación de los parámetros de superficie de la subcuenca Río Hondo se describen a continuación en el cuadro 22.

Cuadro 22. Resumen de aspectos de superficie de la subcuenca Río Hondo.

No.	Aspecto de Superficie	Resultado
1	Área de la cuenca	103.96 km ²
2	Forma de la subcuenca	
	Relación de forma	0.21
	Relación circular	0.45
2	Radio de elongación	0.51
3	Densidad de drenaje	3.43 km/ km ²
4	Frecuencia de corrientes	5.77 cor / km ²

Fuente: Elaboración propia

La subcuenca cuenta con un área aproximada de 103.96 Km², siendo está considerada de tamaño intermedio, con una forma alargada ó en forma de pera (Rf: 0.21 y Rc: 0.45), con una densidad de drenaje de 3.43 Km./km², siendo está una densidad considerable, con buen drenaje, en donde los materiales del suelo son poco resistentes a la erosión. Tomando en cuenta la frecuencia de corrientes de 5.77cor/km², se puede reducir nuevamente el alto drenaje y respuesta hidrológica de la subcuenca, principalmente en la sección intermedia (400msnm -1,500 msnm) de la misma que es la que presenta las mayores pendientes y relieve.

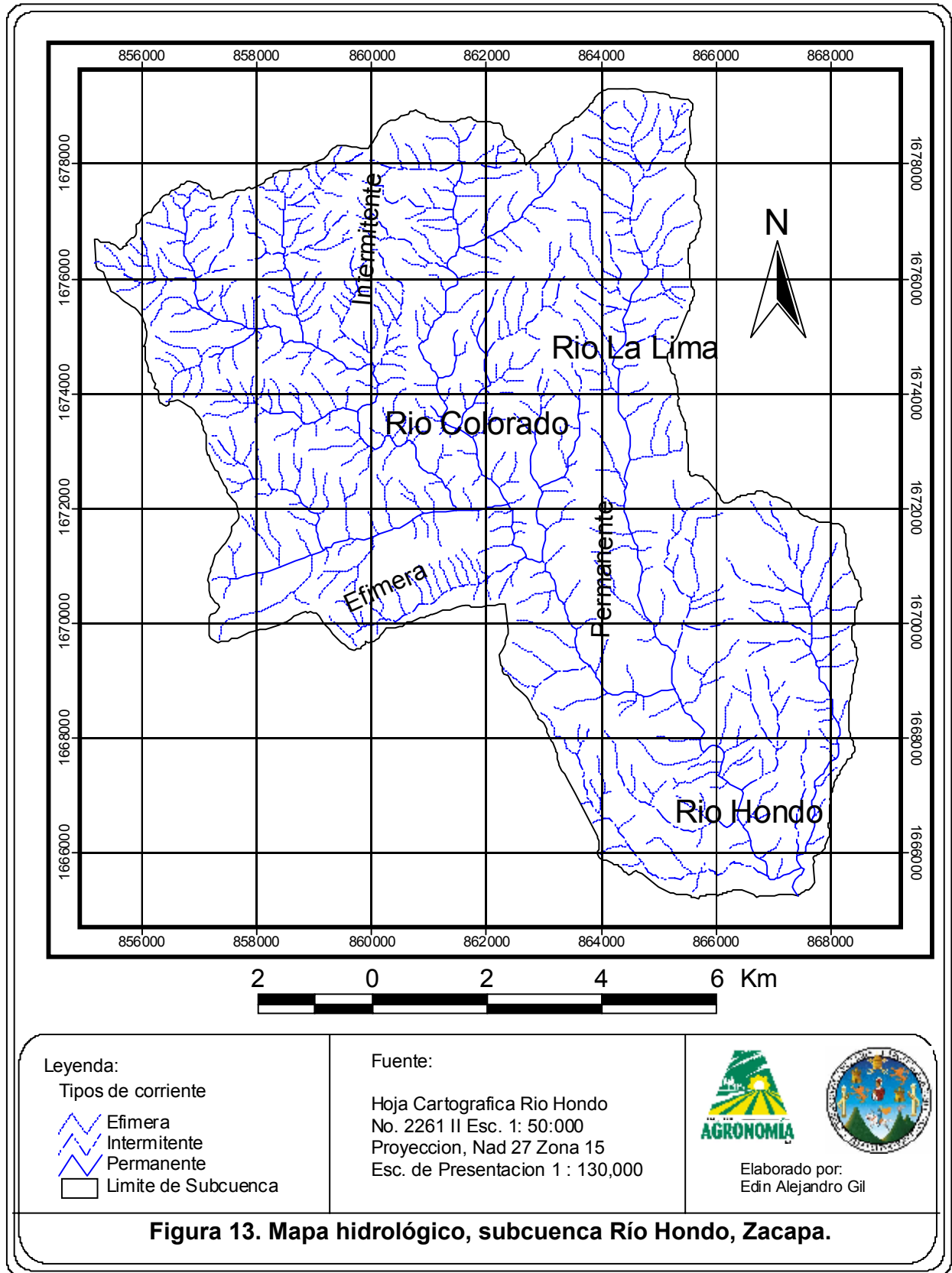


Figura 13. Mapa hidrológico, subcuenca Río Hondo, Zacapa.

6.1.3 Determinación de aspectos de relieve de la subcuenca Río Hondo

La determinación de los parámetros de relieve de la subcuenca Río Hondo se describen a continuación en el cuadro 23.

Cuadro 23. Resumen de aspectos de relieve de la subcuenca Río Hondo

No.	Aspecto de Relieve	Resultado
1	Pendiente media de la cuenca Met. Alvord	40 %, P3
2	Pendiente del canal o cauce principal (método analítico)	9.10 %
3	Elevación media de la Cuenca Curva Hipsométrica	1733 msnm
4	Coefficiente de relieve	5.345×10^{-6}
5	Coefficiente de Robustez	222

Fuente: Elaboración propia

La subcuenca presenta una pendiente media del 40% con una clasificación P3, siendo está considerada como alta, su mayor grado de pendiente se encuentra entre los rangos de 400 a 1500 msnm, (mitad de la subcuenca), presentando las áreas mas escarpadas y mayor relieve de toda la subcuenca. La pendiente del cauce principal es de 9.10%, considerando estos aspectos la velocidad del flujo de las corrientes, es media a baja en la mayoría de la subcuenca, presentando una elevación media de 1733 msnm y un coeficiente de relieve bajo de 5.315×10^{-6} y de robustez de 222, indicando que la subcuenca es relativamente joven, con poco grado de madurez.

6.2 BALANCE HIDROLÓGICO DE LA SUBCUENCA DE RÍO HONDO

6.2.1 Datos climáticos

Los datos climáticos de Temperatura (T°) y Precipitación pluvial (pp), de la subcuenca de Río Hondo del departamento de Zacapa fueron recopilados por las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH de Río Pasabién ubicada a 220 msnm (parte baja de la subcuenca Lat: 1665099 Long: 856790), y la de la estación meteorológica del INDE ubicada en el caserío San Lorenzo a 1780 msnm (parte media de las subcuenca Lat: 1670500 Long: 858544).

6.2.1.1 Precipitación pluvial mensual

La precipitación fue calculada en milímetros promedio mensuales para las dos estaciones meteorológicas.

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 24, mientras que la época lluviosa está comprendida entre los meses de mayo a noviembre, en el mes de julio se presenta un periodo seco denominado canícula, el cual se define como un periodo de tiempo anormalmente seco dentro de la estación lluviosa.

Cuadro 24. Precipitación mensual de las estaciones meteorológicas de la Subcuenca Río Hondo

Estación	Lat Z-15	Long Z-15	Pp promedio	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
Pasabien	1665099	856790	mm	0.8	5.3	25.0	94.5	189.8	81.9	155	164.8	99.1	23.3	7.0	1.8	848.3
San Lorenzo	1670500	858544	mm	33.5	20.0	74.8	201.4	367.2	342.1	402.6	542.5	352.6	193.6	66.2	31.9	2628.4

Fuente: Registro climático de las Estaciones Pasabien y San Lorenzo

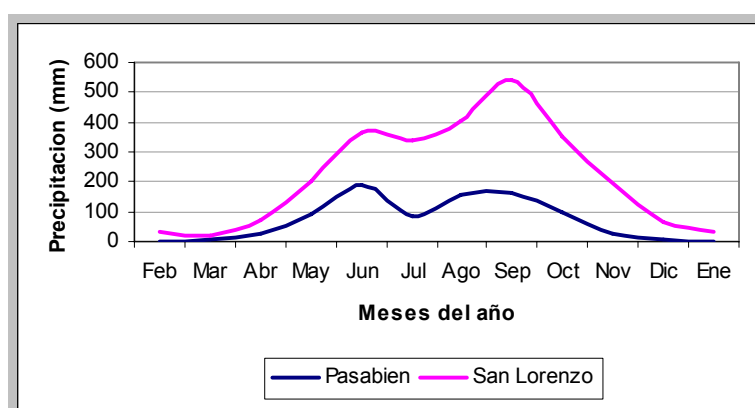


Figura 14. Precipitación media mensual, de las estaciones meteorológicas de la subcuenca Río Hondo.

En la figura 14, se muestra que el pico de precipitación durante el año 2,007, fue durante el mes de septiembre, reportándose 542.5 mm. de precipitación en la parte media (Est. San Lorenzo), y 164.8 mm. en la sección baja (Est. Pasabien). Como también se muestra claramente durante el mes de junio la aparición de la canícula.

A. Precipitación media de la subcuenca de Río Hondo

La precipitación media de la cuenca se obtuvo por medio del método de las isoyetas. En el cuadro 25, se presentan los valores y áreas de cada isoyeta, obteniendo como resultado final una precipitación media de la subcuenca de Río Hondo, de 2445.82 mm. anuales. En la figura 16 se muestra la distribución de las isoyetas dentro de la subcuenca

Cuadro 25. Precipitación media por medio de Isoyetas

	Isoyetas	ha	pp promedio	Ha*pp
1	744-769	957.74	756.5	724529.55
2	769-1140	301.90	954.5	288162.60
3	1140-1758	1097.54	1449.0	1590341.26
4	1758-2376	1279.64	2067.0	2645022.08
5	2376-2994	3508.54	2685.0	9420421.85
6	2994-3612	3192.86	3303.0	10546009.97
7	3612-3736	57.74	3674.0	212133.09
		10395.96		25426620.39

Fuente: elaboración propia, con datos de pp de la Estación Pasabien y San Lorenzo

$$\underline{P_m = 25426620.39/10395.96 = 2445.82 \text{ mm}}$$

6.2.1.2 Cálculo de temperatura mensual

La temperatura promedio mensual fue determinada mediante el monitoreo de los promedios de las temperaturas mínimas y máximas de cada estación meteorológica (datos diarios) de febrero a diciembre del 2007 y enero del 2008. Teniendo como resultado que en la parte media de la subcuenca la temperatura media anual es de 13.6 °C, mostrándose un aumento considerado en la temperatura en la sección baja de la estación Pasabién (Valle del Motagua), siendo está de 27.9 °C. en el cuadro 26, se muestran los datos de temperatura media mensual, de las dos estaciones climáticas, durante en rango de febrero 2007 a enero 2008.

Cuadro 26. Temperatura media de las estaciones meteorológicas de la subcuenca Río Hondo

Estación	Lat Z-15	Long Z-15	T° promedio	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
San Lorenzo	1665099	856790	°C	11.64	12.35	13.78	14.9	15.04	15.4	14.8	14.67	14.3	11.56	13.2	11.3	13.6
Pasabién	1670500	858544	°C	28.1	28.2	30.0	30.4	29.7	28.3	28.6	29.1	26.9	25.4	24.2	25.4	27.9

Fuente: Registro climático 2007 de las Estaciones Pasabién y San Lorenzo

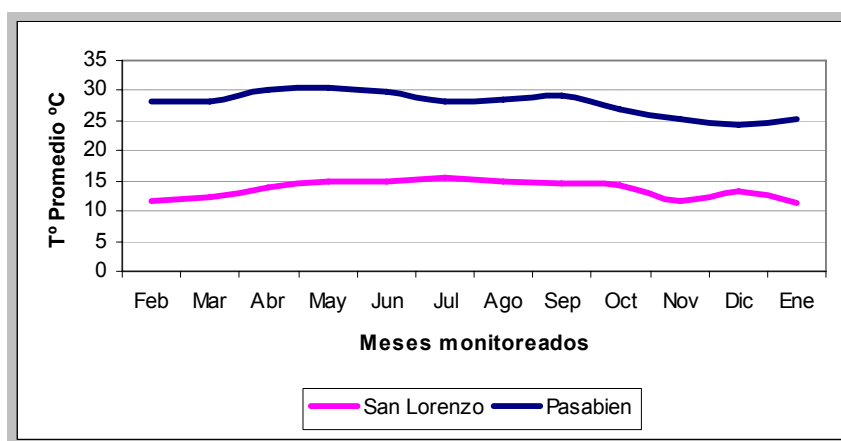
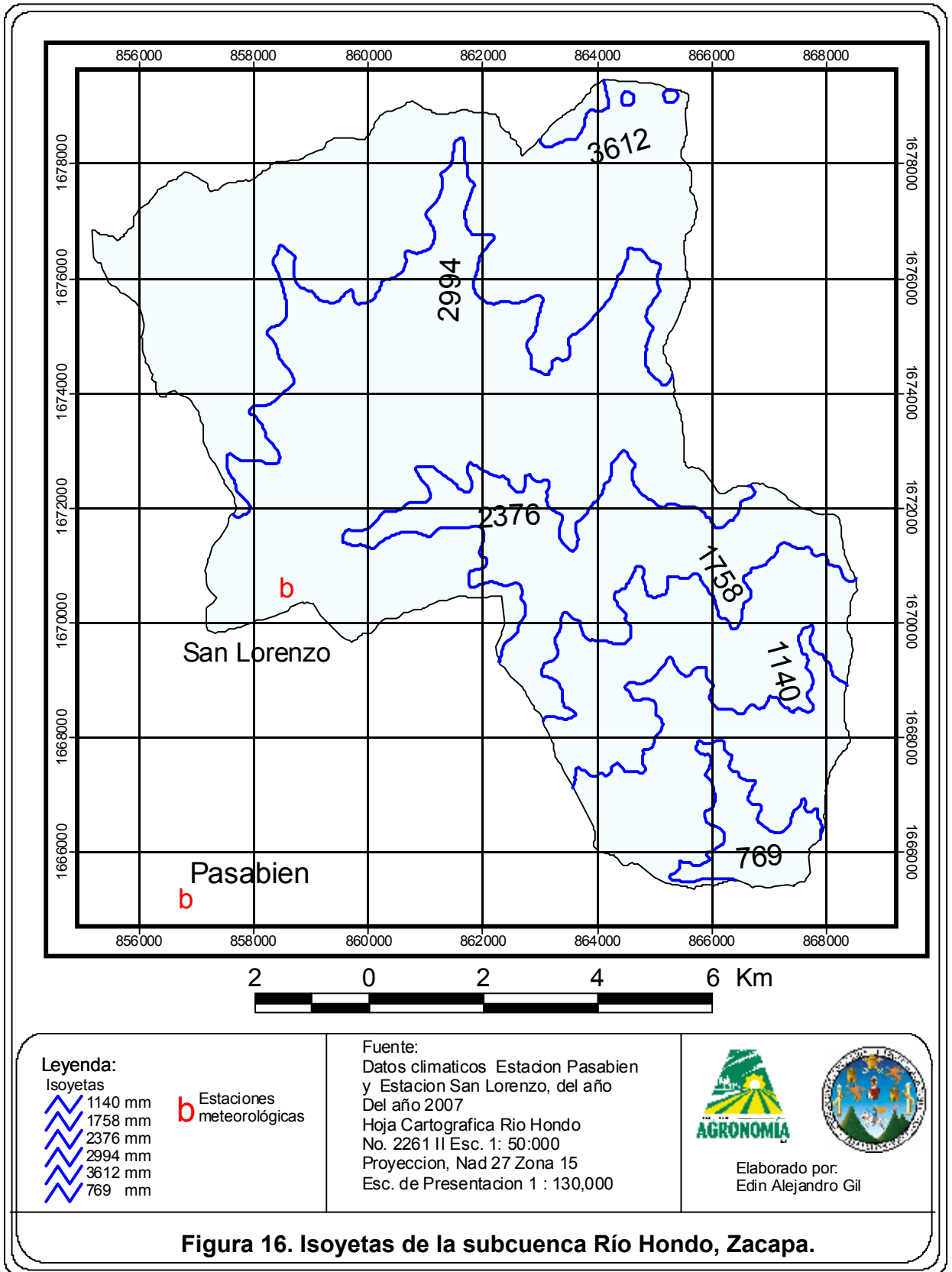
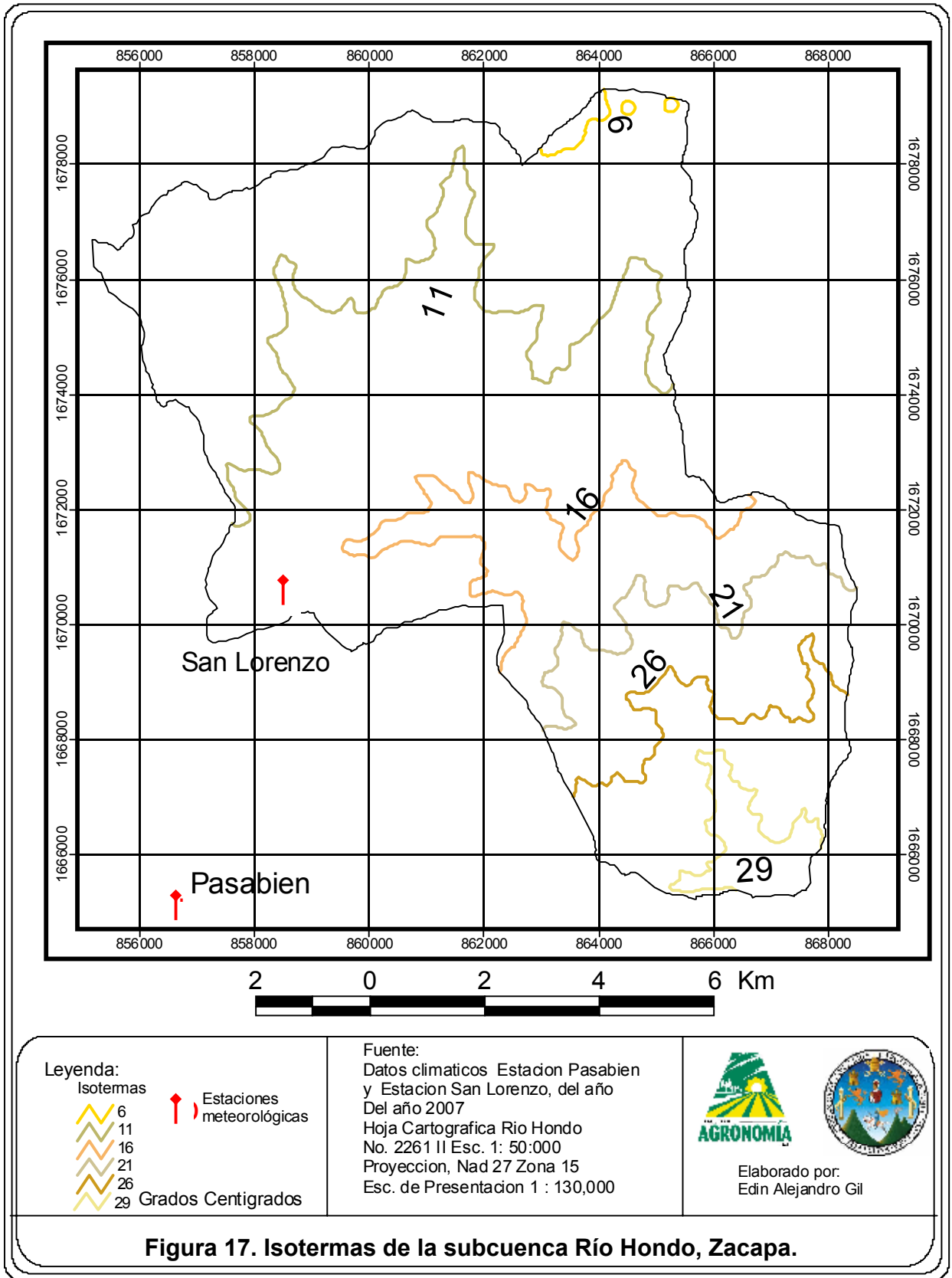


Figura 15. Temperatura promedio mensual, de las estaciones meteorológicas de la subcuenca Río Hondo.

En la figura 15, se muestran las distintas fluctuaciones de la temperatura durante doce meses y en las dos estaciones meteorológicas distribuyéndose de una manera casi homogénea sin mayores cambios bruscos durante el tiempo. En la figura 17, se muestra la distribución de las isotermas dentro de la subcuenca.





6.2.1.3 Cálculo de la evapotranspiración potencial mensual por el método de Hargreaves.

La evapotranspiración se calculó mediante la metodología de Hargreaves, considerando los parámetros de precipitación pluvial, temperatura y humedad relativa.

Los valores de evapotranspiración mensual se presentan en el cuadro 27, obteniendo un valor anual en la sección baja de la subcuenca de 1963.3 mm. anuales y 1439.0 mm. en la sección media.

Cuadro 27. Cálculo de la evapotranspiración mensual de las estaciones meteorológicas de la Subcuenca Río Hondo

Estación	ETP pro	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
Pasabién	mm	1802.4	2335.8	2508.6	2313.1	2136.1	2064.5	2166.4	1764.7	1703.8	1586.5	1542.1	1636.1	1963.3
San Lorenzo	mm	1430.2	1858.9	1773.9	1731.0	1477.3	1305.7	1385.6	1353.5	1555.4	1199.3	1064.2	1133.5	1439.0

Fuente: elaboración propia, con datos climáticos de la Estación Pasabien y San Lorenzo

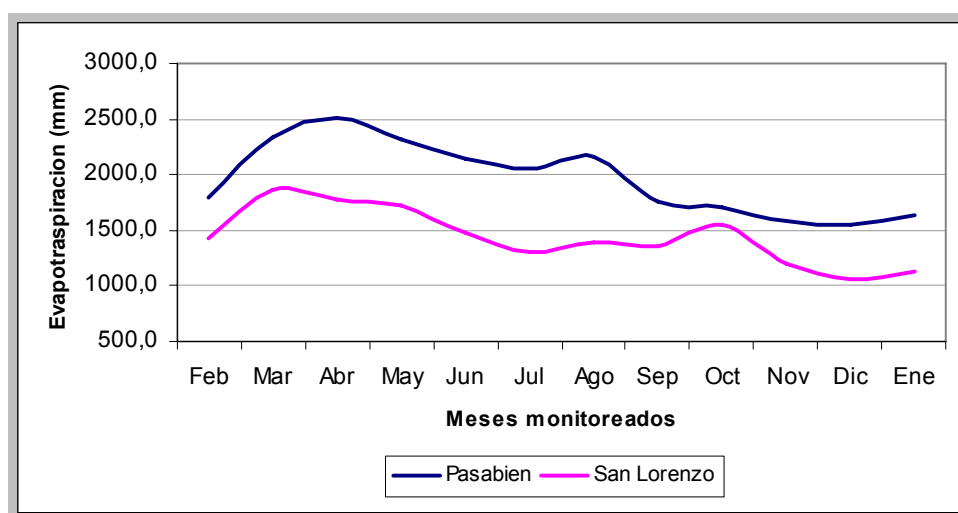


Figura 18. Evapotranspiración potencial Promedio mensual, de las estaciones meteorológicas de la subcuenca Río Hondo.

La figura 18, muestra claramente 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 el mes de agosto específicamente para la estación de Pasabién.

A. Evapotranspiración media por medio de Isopletras

Corresponde a la evapotranspiración potencial de la vegetación del área de la subcuenca, la cual se obtuvo por medio del cálculo de isopletras anuales. En el cuadro 28, se observan los valores y áreas entre cada isopletra, para dar como resultado 1470.73 mm. de evapotranspiración media anual de la subcuenca de Río Hondo

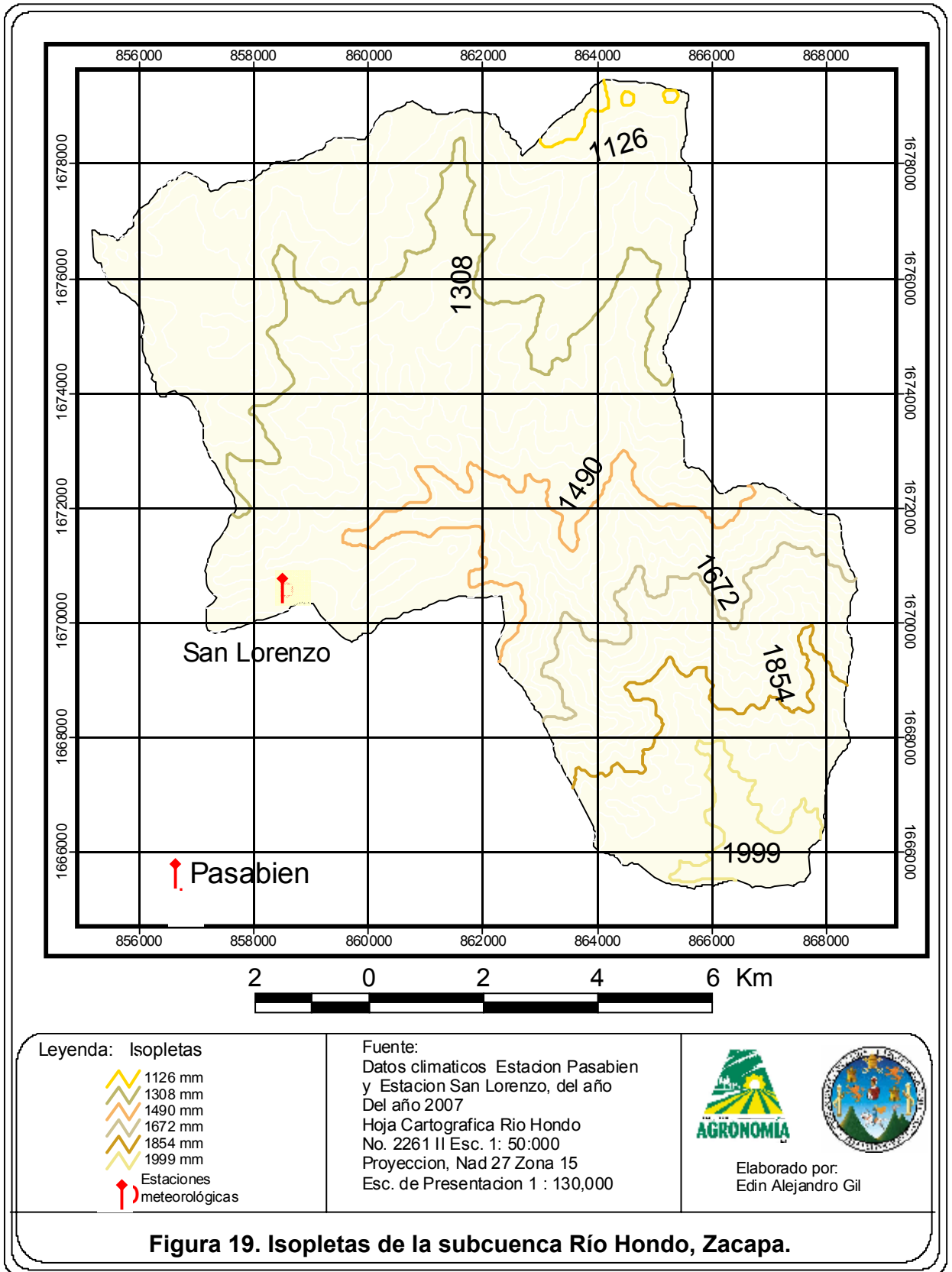
Cuadro 28. Evapotranspiración media por medio de Isopletras

	Isopletras	ha	ETP	ha*pp
1	1999-1963	957.74	1981	1897280.96
2	1963-1854	301.9	1908.5	576174.24
3	1854-1672	1097.5	1763	1934970.07
4	1672-1490	1279.6	1581	2023115.58
5	1490-1308	3508.5	1399	4908443.26
6	1308-1126	3192.9	1217	3885708.19
7	1126-1090	57.739	1108	63974.81
		10396		15289667.12

Fuente: Elaboración propia

$$\underline{\text{Evapotranspiración}} = 15289667.12/10395.96 = 1470.73 \text{ mm.}$$

La evapotranspiración media anual de la subcuenca es relativamente baja considerando las dos estaciones meteorológicas y tomando en cuenta que la mayor área de la subcuenca se encuentra en condiciones de mayor humedad, menor temperatura y mayor precipitación pluvial, que es desde la parte media y alta de la subcuenca, la cual repercute en la evapotranspiración total de la subcuenca. En la figura 19, se muestra la distribución de las isopletras en la subcuenca de Río Hondo.



6.2.2 Caudales medios mensuales

La subcuenca del Río Hondo cuenta con el río principal Río Hondo y sus dos afluentes principales Río Colocado y río La Lima.

La realización de los aforos se llevo a cavo durante once meces siendo estos de febrero de 2007 a enero del año 2008, calculados por los métodos de sección velocidad (flotador), y el de molinete (utilizado en el río hondo), en el cuadro 29 se muestran los caudales de los distintos ríos aforados.

Cuadro 29, Aforos de el Río hondo, Río Colorado y Río La Lima, en la subcuenca de río Hondo

Mes	Río Hondo		Río Colorado		Río La Lima	
	L/s	m ³ /s	L/s	m ³ /s	L/s	m ³ /s
Febrero	190,23	0.19	106,20	0.11	22,67	0.02
Marzo	625,67	0.63	356,94	0.36	168,40	0.17
Abril	1847,53	1.85	1122,69	1.12	287,68	0.29
Mayo	1505,98	1.51	1063,20	1.06	214,82	0.21
Junio	2269,20	2.27	1596,19	1.60	343,41	0.34
Julio	2481,07	2.48	1748,72	1.75	431,93	0.43
Agosto	3583,60	3.58	2528,14	2.53	554,60	0.55
Septiembre	3985,12	3.99	2457,26	2.46	914,93	0.91
Octubre	2358,43	2.36	1613,21	1.61	427,43	0.43
Noviembre	1029,42	1.03	678,86	0.68	221,25	0.22
Diciembre	985,120	0.99	646,72	0.65	177,41	0.18
Enero	425.12	0.43	314.42	0.31	98.13	0.10
Promedio M³/s	1738.44	1,74	1175.57	1,17	313.7	0.31
Q unitario L/s /km²	16.72		18.23		17.44	
Escorrentía mm	587,02					

Fuente: Elaboración propia, Febrero a Diciembre de 2007 y Enero del 2008

En el punto de aforo se tiene un caudal promedio anual de 1.74 m³/s, siendo equivalente a una lamina de 587.02 mm anuales, de los cuales el afluente de Río Colorado es el que mayor aporte de agua realiza al Río Hondo con un caudal unitario de 18.23 L/s /km², siendo estos influenciados por el aprovechamiento por parte de las poblaciones, los caudales mensuales monitoreados durante los doce meses se muestra en el cuadro 20. También debe considerarse que las mediciones fueron mensuales, por lo que la exactitud de los datos podría variar dependiendo la época de la toma de los datos.

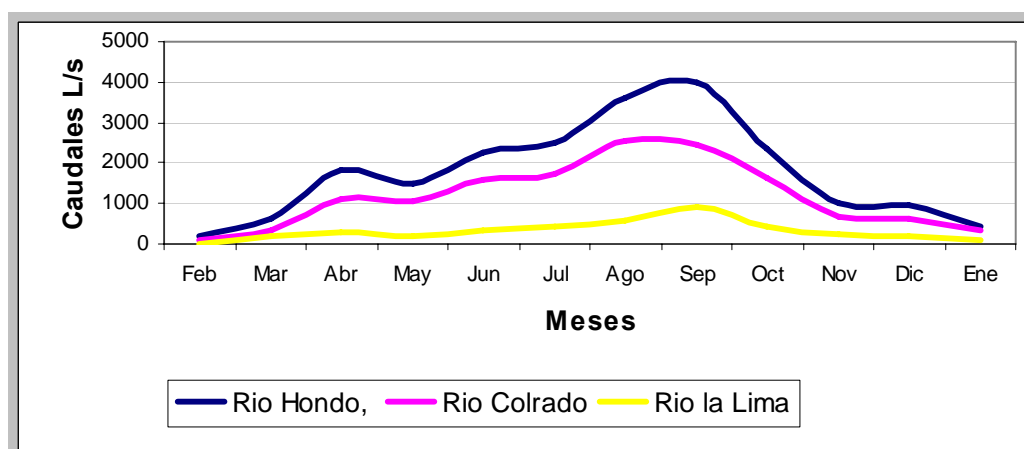


Figura 20. Comportamiento de los caudales en la subcuenca Río Hondo.

La figura 20, muestra el comportamiento de los caudales (aforos) en los tres ríos. Se logró determinar que los caudales máximos son reportados para los meses de agosto y septiembre siendo los meses de mayor precipitación pluvial y reportándose para el mes de febrero el caudal mínimo del año hidrológico (febrero 2007-enero 2008), encontrándose principalmente en la época de estiaje (diciembre –abril). Considerando que no se pudo obtener el aforo del mes de enero del año de estudio (2007), este se realizó en enero del año 2008, con el fin de completar el ciclo hidrológico.

6.2.3 Balance hidrológico de la subcuenca

Para el cálculo del balance hidrológico de la subcuenca Río Hondo, se usaron los datos de precipitación pluvial y evapotranspiración, y caudales del Río Hondo, considerando la ecuación del balance hidrológico la siguiente:

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

Las entradas de la subcuenca Río Hondo 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 el cuadro 30.

Cuadro 30 Resumen del balance hidrológico de la subcuenca Río Hondo

Entradas (+)	Salidas (-)	Almacenamiento
Precipitación 2445.82 mm.	Escorrentía 587.02 mm.	388.77 mm.
	Evapotranspiración 1470.73 mm.	

Fuente: elaboración propia

Según los cálculos del balance hidrológico del cuadro 30, en la subcuenca de Río Hondo Zacapa, si existe almacenamiento o recarga hídrica de un aproximado de 388.77 mm. anuales, la que ocurre principalmente en la parte alta y baja de la subcuenca, pues las áreas presentan mas vegetación y son menos escarpadas que la sección media de la misma y tomando en cuenta la geología metamórfica del área. Aunque se debe de considerar que estos resultados son una estimación para los meses de febrero del 2007 a enero del 2008. Las consideraciones para obtener un resultado mas confiable es el de la realización de aforos diarios o semanales en el Río Hondo, pues los datos con los que se trabajaron fueron mensuales lo que podría aumentar o disminuir la recarga hídrica real de la subcuenca.

6.3 CALIDAD DEL AGUA

La calidad de agua de la subcuenca Río Hondo, fue determinada por una serie de muestreos, para la determinación de sus parámetros físicos, químicos y biológicos, siendo tomados en la época de abril y agosto. Realizándose en agosto un muestreo mas completo para el análisis de aguas para calidad de riego y para la determinación de los aspectos microbiológicos ya que en ese periodo se contaba con la disponibilidad de fondos para la realización de los mismos.

6.3.1 Análisis fisicoquímico del agua de la subcuenca Río Hondo

Los parámetros determinados con el equipo de campo Hach Sension (utilizado por FDN), en los distintos muestreos realizados en cinco puntos de la subcuenca se muestran en el cuadro 31 y en el cuadro 32, se muestran los resultados de análisis físico químico de laboratorio para calidad de riego.

6.3.1.1 Calidad de agua con fines de consumo

Cuadro 31. Resultados fisicoquímicos obtenidos en campo con la utilización del equipo Hach Sension@ en la subcuenca Río Hondo

Parámetro	Unidad	Normas Coguanor		Río Hondo		Río la Lima		Río Colorado		Río Agua Fría Des		Río Agua Fría Alta	
		LMA	LMP	Abr	Ago	Abr	Ago	Abr	Ago	Abr	Ago	Abr	Ago
Color	u	5.0	35.0	---	50	---	---	---	---	---	---	---	---
Sabor		No rechazable		Insabora		Insabora		Insabora		Insabora		Insabora	
Aspecto		Clara		Rojizo		Rojizo		Rojizo		Rojizo		Rojizo	
Olor		No rechazable		Inodora		Inodora		Inodora		Inodora		Inodora	
T°	° C	15- 25	34	20	16	16	14	17	15	12	11	09	11
Sólidos disueltos	mg/l	500	1000	367	50.1	12	5	423	87	740	131	40	8
Oxígeno Disuelto *	mg/L	---	> 5.0	17.4	5.3	14.1	6.7	11.7	5.8	11.1	6.7	10.3	7.1
Conductividad eléctrica	µS/m	---	<1500	15	60	10	30	116	200	180	273	25	68
Potencial de hidrogeno (pH)	unid	7.0- 7.5	6.5- 8.5	7.1	6.4	7.3	7.0	8.1	7.6	8.4	7.4	7.9	7.1
Fosfatos (PO4-3)	mg/L	---	1.3	0.24	0.56	0.20	0.11	0.32	0.64	0.14	0.18	0.78	0.39
Nitratos (NO3-N)	mg/L	---	10.0	0.9	5.4	1.4	6.6	1.3	6.2	1.8	7.2	2.1	7.6
Nitritos (NO2-N)	mg/L	---	1.0	0.009	0.013	0.004	0.009	0.005	0.011	0.003	0.012	0.01	0.012
Amoniaco (NH3-N Salic)	mg/L	---	< 1.5	0.03	0.013	0.06	0.025	0.06	0.04	0.05	0.04	0.05	0.03

Fuente: Muestreo de calidad de agua en Abril y Agosto, por parte de la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN), distrito Motagua

*. El oxígeno disuelto el parámetro es para peces.

U: unidades de color en la escala platino-cobalto

De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos determinados con el equipo de campo en las dos temporadas y para los cinco puntos de muestreo, siendo estas comparadas con los límites de COGUANOR, la mayoría de los parámetros considerados son aceptados para consumo humano a excepción del color para el río hondo que es de 50 u (unidades), el aspecto que para que este sea aceptable debe de tener un aspecto claro y su aspecto es rojizo derivado principalmente por la descomposición de la materia orgánica en la sección alta de la subcuenca de acuerdo a las observaciones echas en campo, el otro aspecto fisicoquímico que está fuera del rango es el pH del muestreo de agosto de Río Hondo que está por debajo del límite permisible, pero en su mayoría es considerada apta para consumo humano.

La tendencia mas notable de los parámetros analizados fue principalmente la temperatura, pues acorde al aumento de la altura, la temperatura disminuía, en lugares más altos la temperatura fue mas baja al igual que en la época seca la temperatura del agua tendió a subir y en la temperatura de la época lluviosa la temperatura tendió a disminuir.

También la tendencia de acuerdo a la época de muestreo se logró identificar que los parámetros de: conductividad eléctrica, fosfatos, nitratos y nitritos en la época seca eran relativamente menores y su tendencia fue la de aumentar con respecto a la época lluviosa. Mientras que los parámetros de: sólidos disueltos, oxígeno disuelto, pH y amoníaco su tendencia fue la de mayor en época seca y una disminución en la época lluviosa. Determinando que la presencia o ausencia de precipitación pluvial tiene un efecto en el aumento o disminución de los parámetros fisicoquímicos de la subcuenca de Río Hondo.

Una característica que influyó de forma considerable sobre los parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo Río Hondo, Río Colorado y Río Agua Fría desembocadura, fue principalmente la ubicación de la explotación minera por parte de GUATEMARMOL, en la sección media alta de la subcuenca, donde interfiere modificando principalmente los aspectos de sólidos disueltos, conductividad eléctrica y pH.

6.3.1.2 Análisis fisicoquímico de laboratorio, para agua de riego

Cuadro 32. Resultados de análisis fisicoquímico de laboratorio de las muestras de la subcuenca Río Hondo.

Pto.	ph	µS/m C.E.	Meq/litro				Ppm				Ras	Clase
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn		
Río Hondo	6.2	50	0.12	0.29	0.10	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	C1S1
Río la Lima	6.9	25	0.12	0.06	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	C1S1
Río Colorado	7.2	164	1.30	0.25	0.15	0.04	0.00	0.00	0.30	0.00	0.19	C1S1
Río Agua Fría desembocadura	7.6	248	1.12	0.45	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	C1S1
Río Agua Fría parte alta	7.2	80	0.25	0.08	0.45	0.05	0.00	0.20	0.00	0.00	0.10	C1S1

Fuente: resultados de laboratorio de la Facultad de agronomía, muestreo en el mes de agosto 2007.

Los resultados de laboratorio obtenidos de las 5 muestras, muestran una tendencia muy similar con respecto al pH y la conductividad eléctrica con respecto a los datos obtenidos en campo para el mes de agosto del 2007 (cuadro 22), siendo consideradas como aguas aptas para riego de cultivos agrícolas, pues según la metodología de USDA, se clasifican como: **C₁S₁**, o sea pueden utilizarse en la irrigación de cultivos agrícolas, sin problemas de que se formen suelos salinos y/o sódicos.

Los elementos de Ca, Mg y la conductividad eléctrica, se presentaron en una mayor concentración en los puntos de muestreo de Río Colorado y río Agua Fría desembocadura, los cuales son los que están mas directamente influenciados por las actividades mineras de extracción de de mármol encontrada en la sección media alta de la subcuenca. Donde se logra notar mas claramente el impacto ya en aguas bajas (punto de aforo), pues también es un poco repercutido por estos cambios en la sección baja, tanto en la conductividad eléctrica como en la concentración de Ca y Mg. La concentración de Fe en cuatro de los puntos tomados no presentan ninguna concentración y el que la presenta que es Río Colorado es bastante baja, por lo que este elemento no repercute en el aspecto de el agua superficial de los afluentes, considerando las observaciones echas en campo que la coloración rojiza proviene de la descomposición de materia orgánica de los bosques de la sección alta de la subcuenca.

6.3.2 Análisis biológico del agua de la subcuenca Río Hondo

Debido a limitaciones presupuestarias los análisis de laboratorio con énfasis microbiológico, se realizaron únicamente en la época lluviosa, específicamente en la segunda semana del mes de agosto del 2007, esto con fines de determinar más parámetros indicadores para la calidad de agua para consumo humano, tomando en cuenta los coliformes totales, coliformes fecales y la presencia de *Escherichia coli*. En el cuadro 33, se muestran los resultados microbiológicos de cinco muestras de la subcuenca Río Hondo, Zacapa.

Cuadro 33. Resultados microbiológicos de laboratorio de las muestras de la subcuenca Río Hondo.

Pto. de muestreo	Coniformes Totales		Coniformes Fecales		E. Coli	Consumo humano
	NMP/100ml	Norma Coguanor	NMP/100ml	Norma Coguanor		
Río Hondo	>2,400	< 2 NMP/100ml	350	< 2 NMP/100ml	Presente	No
Río la Lima	130	< 2 NMP/100ml	23	< 2 NMP/100ml	Presente	No
Río Colorado	>2,400	< 2 NMP/100ml	540	< 2 NMP/100ml	Presente	No
Río Agua Fria desembocadura	1,600	< 2 NMP/100ml	1,600	< 2 NMP/100ml	Presente	No
Río Agua Fria parte alta	540	< 2 NMP/100ml	49	< 2 NMP/100ml	Presente	No

Fuente: Análisis de agua para consumo humano, en el Laboratorio de microbiología de la Fac. de Ciencias Químicas USAC NMP: número más probable LMA: no se encuentra definido un limite

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro 24, las muestras sobrepasan los límites máximos permisibles por lo que no son aptas para consumo humano, tanto por la presencia de coniformes totales, coniformes fecales como el aislamiento de *Escherichia coli*, esto debido muy probablemente por la influencia del caserío San Lorenzo, encontrado en la parte media de la subcuenca, la fauna endémica del área y el ganado bovino y caprino (vacas y cabras), otro aspecto considerado es que las muestras de agua fueron tomados cercanos a caminos o veredas, esto principalmente por el acceso limitado que se encuentra en toda la subcuenca, tanto por la vegetación presente como por el relieve.

6.3.3 Análisis de la calidad de agua

El agua que es consumida por las distintas poblaciones dentro de la subcuenca, respecto a los resultados obtenidos, tanto fisicoquímicos como microbiológicos, actualmente el agua no es apta para consumo humano principalmente por la limitante bacteriológica, pues estas podrían causar enfermedades gastrointestinales, y hasta la muerte a las poblaciones locales, aunque con medidas de cloración o purificación si podrían ser aptas para consumo humano. Con respecto al riego se consideran aguas aptas para la agricultura y la irrigación, La presencia de las comunidades dentro de la subcuenca, como la de las actividades mineras tienen una alta repercusión en los parámetros, fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial de la subcuenca, tanto para consumo humano como para riego.

7. CONCLUSIONES

1. La subcuenca es relativamente joven con forma alargada, contando con un área aproximada de 103.96 Km² con tres corrientes permanentes, 30 intermitentes y 337 efímeras clasificándose como una subcuenca de orden 5, según sus características de longitud y un coeficiente de robustez de 222, un coeficiente de relieve muy bajo, así como una alta densidad de drenaje, refleja pendientes muy escarpadas y muy susceptibles a la erosión hídrica, además de una respuesta hidrológica relativamente alta.
2. El Río Hondo presenta un caudal 1.74 m³/s, el Río Colorado 1.16 m³/s y Río La Lima 0.31 m³/s, los caudales máximos son reportados para los meses de agosto y septiembre siendo los meses de mayor precipitación pluvial, y reportándose para el mes de febrero el caudal mínimo del año hidrológico, la subcuenca cuenta con una escorrentía de 587.02 mm, una precipitación promedio anual de 2,445.82 mm y una evapotranspiración potencial de 1470.73 mm (febrero 2007 - enero2008), para lo cual representan una recarga hídrica aproximada de 388.77mm anuales.
3. De acuerdo con los parámetros fisicoquímicos determinados, 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, con respecto al riego se consideran aguas aptas para la agricultura y la irrigación con una clasificación C₁S₁.

8. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio sobre el Balance hídrico de suelos, para complementar la información del balance hidrológico y obtener datos de comparación y estimación de la recarga hídrica de la subcuenca y determinar las áreas críticas de susceptibilidad de recarga natural.
2. Realizar un monitoreo diario o semanal del caudal del punto de aforo de Río Hondo durante el ciclo hidrológico, para lograr obtener datos más exactos sobre la recarga hídrica de la subcuenca. y un reconocimiento de los principales manantiales de la subcuenca e inventario de los nacimientos, para lograr su conservación y brindarle un manejo adecuado.
3. Implementar campañas de salud sobre distintos métodos de purificación y cloración del agua para consumo humano, e implementación de campañas de educación y concientización ambiental, a las distintas poblaciones dentro de la subcuenca, para evitar la proliferación de enfermedades gastrointestinales.
4. Solicitar a la empresa Marfisa y Guatemarmol, propietarias de las minas de mármol que coloquen sedimentadores a la salida de las cañerías de drenaje para evitar el aumento de Mg y Ca en la corriente de agua, esta labor puede llevarse a cabo a través de un mecanismo de pago por Servicios Ambientales .

9. BIBLIOGRAFÍA

1. CALAS (Centro de Acción Legal Ambiental y Social de Guatemala, GT). 2004. Legislación ambiental guatemalteca. Ed. por Pedro Rafael Maldonado Flores y Yuri Giovanni Melini. 2 ed. Guatemala. 212 p.
2. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, GT). 2003. Reserva de Biósfera Sierra de las Minas: III plan maestro sistema de organización 2003-2008. Guatemala. 44 p.
4. _____. 2004. Sistema de organización por cuencas hidrográficas. Guatemala, Fondo del Agua del Sistema Motagua-Polochic. s.p.
5. _____. 2005. Informe sobre el comportamiento de la calidad de agua en la subcuenca del río Matanzas. Guatemala. 27 p.
6. FORGAES (Fortalecimiento de la Gestión Ambiental en El Salvador, SV). 2004. Manual de manejo de cuencas. 2 ed. El Salvador, World Vision. 154 p.
7. Fuentes Montepeque, JC. 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.
8. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
9. _____. 1998. Reconocimiento hidrogeológico de la cuenca del río Itzapa, departamento de Chimaltenango. Guatemala. Tesis MSc. Costa Rica, UNA. 104 p.
10. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1978. Mapa geológico de Guatemala: hoja Río Hondo, no. 2261 II G. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
11. _____. 2003. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. 1 CD.
12. _____. 2003. Mapa topográfico de Guatemala: hoja Río Hondo, no. 2261 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
13. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2002. Manual para la clasificación por capacidad de uso de la tierra, metodología del INAB. Guatemala. 96 p.
14. _____. 2005. Programa de investigación de hidrológica forestal. Guatemala. 38 p.

15. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2002. Cuadros de población del censo nacional XI de población y VI de habitación de la república de Guatemala. Guatemala. 1 CD.
16. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT). 1993. El manejo de las cuencas en el proyecto de desarrollo agrícola de Guatemala. Guatemala. 92 p.
17. _____. 1999. Primera aproximación del mapa de clasificación taxonómica de los suelos de Guatemala: memoria técnica (en línea). Guatemala. Consultado 27 feb 2004. Disponible en <http://www.maga.gob.gt/sig>
18. _____. 2001. Mapa fisiográfico geomorfológico de la república de Guatemala: memoria técnica (en línea). Guatemala. Consultado 22 feb 2007. Disponible en <http://www.maga.gob.gt/sig>
19. _____. 2001. Manual para la caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas; "La cuenca es la cuna del agua". Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Normas y Regulaciones, Área de Agua y suelo. 52 p.
20. _____. 2002. Atlas temático digital de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color. 1 DC.
21. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2003. Informe del estado del ambiente: geológico de Guatemala 2003. Guatemala. 224 p.
22. MINECO (Ministerio de Economía, GT); COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas, GT). 2001. Norma NGO 29001 agua potable. Guatemala. 14 p.
23. Noriega Arriaga, JP. 2005. Determinación de las áreas principales de recarga hídrica natural en la microcuenca del río Sibacá, Chinique, Quiche. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 72 p.
24. 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 Mc. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 137 p.
25. _____.; Salguero Barahona, MR; Orozco y Orozco, E. 2003. Metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía / Instituto Nacional de Bosques. 106 p.
26. Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. San José, Costa Rica, GTZ / IICA. 338 p.
27. Robledo Hernández, WI. 2000. Manual para la caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas. Guatemala. 52 p.

28. Salvador García, B. 2006. Estudio de los recursos naturales renovables e identificación de las áreas de recarga hídrica en la microcuenca del río Tzulba, Joyabaj, el Quiché. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 296 p.
29. Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
30. Santos, G. 2005. Introducción a los sistemas de información geográfica; material de apoyo al curso; sistemas de información geográfica. Guatemala, FAUSAC. 25 p.
31. SEGEPLAN (Secretaria General de Planificación, GT). 1994. Taller de trabajo sobre conceptos y definiciones fundamentales de geografía; temática para planificación regional. Memoria. Guatemala, SEGEPLAN. 31 p.
32. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
33. Zeissig Dávila, AM. 2007. La situación socioeconómica, caracterización hidromorfológica y uso actual de los recursos suelo de la subcuenca del río Panimá, Purulha, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 160 p.

10. APÉNDICES

10. 1. Descripción de los resultados de la caracterización morfométrica de la subcuenca.

10.1.1 Determinación de aspectos lineales

i. **Radio de bifurcación medio:** se determinó mediante la utilización de la siguiente ecuación.

$$Rb.1. = \frac{462}{100} = 4.62 \quad Rb.2. = \frac{100}{32} = 3.13 \quad Rb.3. = \frac{32}{5} = 6.4 \quad Rb.4. = \frac{5}{1} = 5$$

- **Rb = (4.62+3.13+6.4+5)/4 = 4.78**

b. Longitud media de corrientes (L \bar{u}):

- **L \bar{u} 1 = 224.44 km/ 462 = 0.49 km**
- **L \bar{u} 2 = 58.78 km/ 100 = 0.59 km**
- **L \bar{u} 3 = 45.80 km/ 32 = 1.43 km**
- **L \bar{u} 4 = 10.62 km/ 5 = 2.12 km**
- **L \bar{u} 5 = 17.79 km/ 1 = 17.79 km**

- **L \bar{u} = 357.47 km / 600 = 0.59 km/ corriente**

c. **Radio de longitud medio (R \bar{L}):** se utilizó la siguiente ecuación:

a. **R \bar{L} 5 = 17.79 km/2.12 km = 8.11**

b. **R \bar{L} 4 = 2.12 km/ 1.43 km =1.49**

c. **R \bar{L} 3 = 1.43 km/ 0.59 km = 2.42**

d. **R \bar{L} 2 = 0.59 km/ 0.49 = 1.20**

- **R \bar{L} = (8.11+1.49+2.42+1.20)/4 = 3.305**

d. Longitud acumulada de corrientes (La):

- **La = (224.44+ 58.78+45.80+10.62+17.69) = 357.42 Km.**

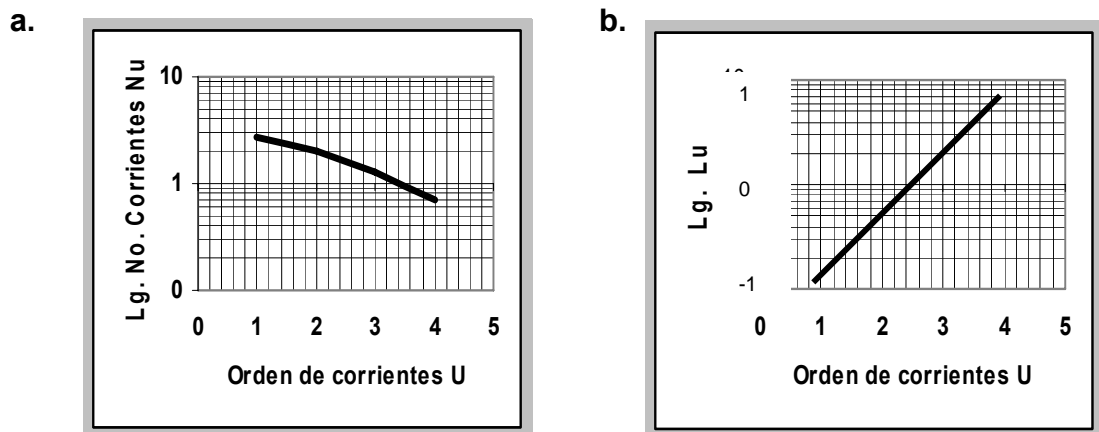


Figura 21 A . a. Grafica Log Un Vrs U b. Figura . Grafica Log Lu Vrs U

10.1.2 Determinación de Aspectos de superficie

a. Forma de la subcuenca

b.1 Relación de forma (Rf):

- $Rf = 103.96 \text{ km}^2 / (22.19 \text{ Km.})^2 = \underline{0.21}$

b.2 Relación circular (Rc)

- $Rc = 103.96 \text{ km}^2 / 230.32 \text{ km}^2 = \underline{0.45}$

c,. Radio de elongación (Re):

- $Re = 11.50 \text{ Km.} / 22.19 \text{ km} = \underline{0.51}$

d. Densidad de drenaje (D):

- $D = 357.42 \text{ Km.} / 103.96 \text{ km}^2 = \underline{3.43 \text{ km} / \text{ km}^2}$

e. Frecuencia o densidad de corrientes (Fc)

- $Fc = 600 \text{ corrientes} / 103.96 \text{ km}^2 = \underline{5.77 \text{ corrientes} / \text{ km}^2}$

:

10.1.3 Determinación de aspectos de Relieve

e. Pendiente media de la cuenca (sc): se determinó con el método de Alvord.

- $$Sc = \frac{(0.1 \text{ km}) * 415.18 \text{ km}}{103.96 \text{ km}^2} * 100 = 40 \%$$

f. Pendiente del canal o cauce principal (Scp=) : se utilizó el método analítico para la determinación de la pendiente

- $$Scp = \frac{(2.2 \text{ Km.} - 0.18 \text{ Km.}) * 100}{22.19 \text{ km.}} = 9.10\%$$

g. Elevación media de la subcuenca

Elevación media de la subcuenca 1733 msnm

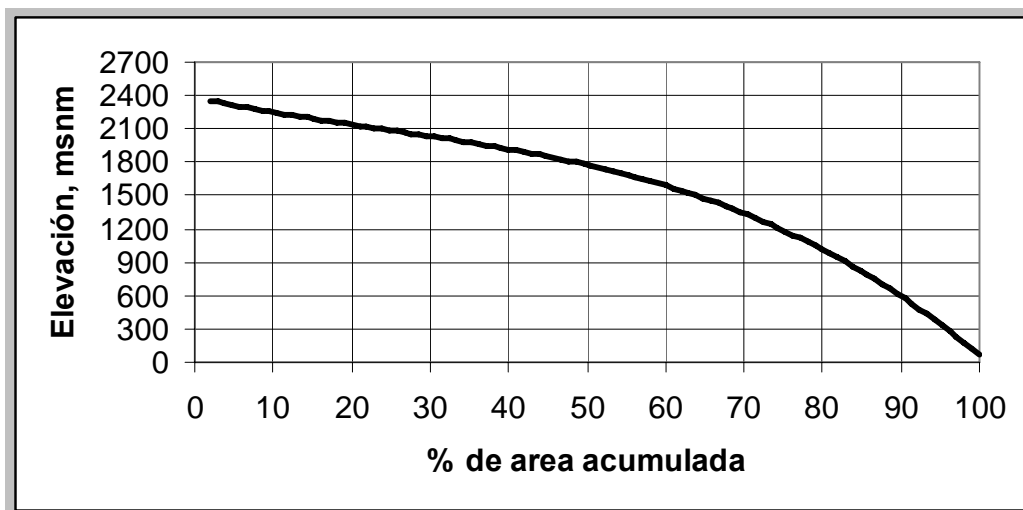


Figura 22 A. Curva hipsométrica

h. Coeficiente de relieve (Rh):

- $$Rh = \frac{(2400 \text{ m} - 180 \text{ m})}{1000 * 415,180 \text{ m}} = 5.345 \times 10^{-6}$$

e. Coeficiente de robustez (Rr)

- $$Rr = \frac{(2400 \text{ m} - 1800 \text{ m}) * 100}{1000} = 222.0$$

10.1.2 Cálculos de evapotranspiración de la subcuenca

Cuadro 34A. Determinación de la evapotranspiración

Estación	ETP promedio	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
Parabién	°C	28.1	28.2	30.0	30.4	15.04	28.3	28.6	29.1	26.9	25.4	24.2	25.4	26.6
	HR	73	70	68	75	77	80	78	83	82	79	79	75	76.6
San Lorenzo	°C	11.6	12.3	13.8	14.9	29.7	15.4	14.8	14.7	14.3	11.6	13.2	11.3	14.8
	HR	83	81	84	86	89	92	91	90	85	88	90	88	87
Rad. Extr	mm/día	13.2	14.7	15.8	15.9	15.84	15.9	15.9	15.2	13.8	12.3	11.6	11.3	
No. Días	mes	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31	

Estación	ETP promedio	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Anual
Parabién	°C	1802.4	2335.8	2508.6	2313.1	2136.5	2064.5	2166.4	1764.7	1703.8	1586.5	1542.1	1636.1	1963.4
San Lorenzo	°C	1430.2	1858.9	1773.9	1731.0	1477.6	1305.7	1385.6	1353.5	1555.4	1199.3	1064.2	1133.5	1439.1

CAPITULO III
INFORME DE SERVICIOS REALIZADOS EN LA SUBCUENCA RÍO HONDO, DE LA
RESERVA DE BIÓSFERA SIERRA DE LAS MINAS Y EN EL PROYECTO MAPLE-
SIERRA DE LAS MINAS

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala únicamente están reportadas dos poblaciones de *Acer skutchii* Reader, por lo que se tiene como una especie en peligro de extinción, únicamente se encuentran reportadas para Nebaj, Quiché y para la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, por lo que este servicio deriva de la implementación de campo del proyecto “Establecimiento, propagación y conservación *in vitro* de *skutchii* (maple de Guatemala) especie endémicas y en peligro de extinción en Guatemala” orientando los servicios a la búsqueda y monitoreo de dicha especie para generar nueva información relativa a la misma, sobre la cantidad de individuos por población y su desarrollo fenológico a través del tiempo, dicho servicio también tuvo como fin, la recolección de material vegetal para laboratorio y herbario enriqueciendo así las muestras botánicas y generación de información de esta especie, todo esto derivado del proyecto de investigación Maple-Sierra de las Minas.

Asimismo durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado EPS, se procedió a general, información hidrológica en la subcuenca del Río Colorado. Existen datos climáticos de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas generados por monitoreos principalmente en la región del Valle del Motagua con la información de estaciones meteorológicas, no siendo así para la parte alta de la misma que únicamente se encuentra una estación meteorológica de propiedad privada, tomando registros desde el año de 1994, pero dicha información no se encuentra sistematizada y tabulada para una mejor comprensión y análisis de la historia climática del área, por lo que se procedió a la sistematización e información de la misma, con la finalidad de poner a disposición la información climática para posteriores estudios en el área.

2. Servicio I. Búsqueda, colecta y monitoreo de poblaciones de *Acer skutchii* (Maple de Guatemala), en la subcuenca Río Hondo Zacapa.

2.1 Objetivos

- Realizar una búsqueda de *Acer skutchii Redher*, en la Subcuenca Río Hondo, Zacapa.
- Mapear las poblaciones de *Acer skutchii Redher*, encontradas en la subcuenca Río Hondo, Zacapa
- Colectar material vegetal de la especie *Acer skutchii Redher*, para laboratorio y herbario.
- Monitoreo de las etapas fenológicas de las poblaciones encontradas la especie *Acer skutchii Redher*, en la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.

2.2 Metodología

La metodología empleada para la realización del servicio, consistió principalmente en la planificación de recorridos, búsqueda en campo y la realización de los mapas temáticos.

2.2.1 Planificación de recorridos

La planificación de los recorridos, consistió principalmente en la ubicación de los senderos y las veredas en el mapas cartográficos escala 1:50,000 de la subcuenca Río Hondo, realizando un muestreo preferencial tomaron en cuenta los siguientes criterios para la planificación de los mismos:

- Áreas por encima de los 1500 msnm hasta los 2300 msnm (área reportada en donde se distribuye está especie).
- Ubicación de quebradas cercanas a ríos intermitentes ó principales.
- Verificación de hoja cartográfica

2.2.2 Recorridos en campo

Los recorridos de campo se realizaron de acuerdo a la planificación anteriormente descrita, tomando en cuenta la accesibilidad hacia los lugares de muestreo realizando una búsqueda de las partes más altas hacia las más bajas, principalmente por la

accesibilidad de las quebradas, realizando una búsqueda a las riberas de dichas quebradas.

Cada población encontrada se procedió a tomar la ubicación geográfica con la utilización de un GPS, como también el conteo de número de individuos dentro de la población y su estado fenológico.

2.2.3 Monitoreo y colecta de material vegetal

Ya habiendo establecido las poblaciones de Maple, se procedió a codificarlas y a la colecta de material vegetal, principalmente ramillas tiernas ó meristemáticas para ser llevadas al laboratorio de biotecnología del ICTA en el Km. 22 carretera al Pacifico guardándolas en bolsas herméticamente selladas y conservándolas en una hielera para su traslado y preservación. Y también la colecta de muestras botánicas para ser llevadas al herbario de la Facultad de Agronomía, siendo prensadas con una prensa botánica para su preservación.

2.2.4 Realización de mapas de ubicación

Ya habiendo ubicado las distintas poblaciones de Maple dentro de la subcuenca, se procedió a la realización del mapa de ubicación de las distintas poblaciones, esto se realizó con la ayuda del programa computacional ArcView 3.3, descargando los puntos anteriormente colectados con el GPS.

2.3 Resultados

2.3.1 Ubicación geográfica de poblaciones de Maple

Durante la fase de ocho meses dentro del la subcuenca de Río Hondo, se lograron determinar dos poblaciones generales de *Acer skutchii Redher*, contando con 7 sub-poblaciones de acuerdo a la ubicación más específica y nombrándolas de acuerdo a los nombres de las áreas preestablecidas por la población local. En el cuadro 35, se muestra las distintas poblaciones y sub-poblaciones de *Acer skutchii Redher*, como también la altura en msnm.

Cuadro 35. Poblaciones de maple dentro de la subcuenca d Río Hondo

No.	Población	Sub-población	Altura
			msnm
1	San Lorenzo	Quebrada Picacho	1684
		Ojo de agua	1690
		Pozo de Agua	1728
		Corral	1734
		Quebrada San Lorenzo	1713
		Quebrada La loma	1730
2	La Lima	Alejandría 1	1927
		Alejandría 2	1989

Fuente: Elaboración propia

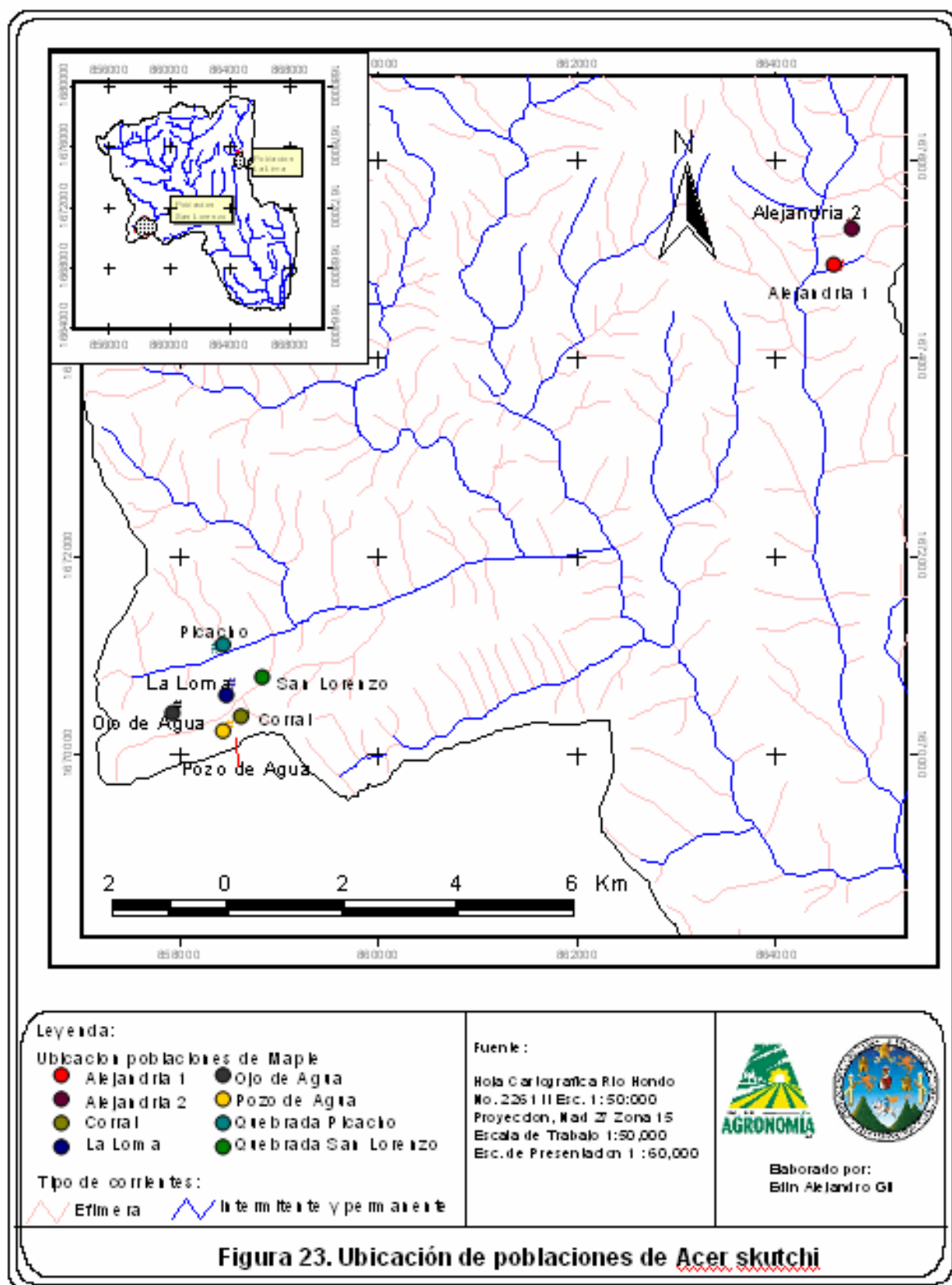
Las distintas poblaciones se encontraron en áreas fisiográficas con ciertas características en común:

- **Quebradas profundas**
- **Quebradas con bastante sombra y humedad**
- **Que presente a lo largo de la quebrada pozas de agua ó nacimientos de agua.**
- **Que presente agua en la mayoría del año.**
- **Ubicadas a los márgenes de los causes**

Tomando en cuenta estas características que presentan en común, facilita en gran medida la ubicación de nuevas poblaciones de dicho árbol.

2.3.2 Caracterización fenológica

En el monitoreo de las distintas poblaciones se lograron determinar los estados fenológicos de los individuos de cada sub-población tomando en cuenta una clasificación diamétrica, categorizando a los individuos como jóvenes o emergentes con un DAP (diámetro a la altura del pecho menor a 10 cm.) y árboles adultos aquellos que presentaran un DAP mayor a 10 cm., el DAP está tomado en metros, y es un promedio de todos los individuos encontrados en la sub-población. Y contabilizando la regeneración natural de cada sub-población



Cuadro 36. Estados fenológicos de las poblaciones de Maple.

No.	Población	Sub-población	Joven		Adulto		Reg.
			No.	DAP	No.	DAP	No.
1	San Lorenzo	Quebrada Picacho	0	-----	1	0.785	01
		Ojo de agua	6	0.065	1	0.910	23
		Pozo de Agua	0	-----	1	0.720	3
		Corral	1	0.080	0	-----	0
		Quebrada San Lorenzo	2	0.085	12	0.925	2
		Quebrada La loma	0	-----	1	0.875	0
2	La Lima	Alejandría 1	0	-----	1	0.680	SD
		Alejandría 2	0	-----	2	0.745	SD

Fuente: Elaboración propia, Reg: regeneración SD: sin datos



Figura 24. Especimen de *Acer skutchii*, población San Lorenzo.

2.3.3 Colecta de materia vegetal.

2.3.3.1 Colecta de material vegetal para laboratorio

La colecta de material vegetal para ser llevado al laboratorio de biotecnología para su propagación in Vitro, tuvo en cuenta las siguientes características:

- Conservar su humedad
- Conservarse a bajas temperaturas
- Ser áreas meristematicas ó mas tiernas

Tomando en cuenta estas características se procedió a la colecta del material vegetal, y clasificación de acuerdo a las partes utilizables, y su almacenaje en bolsas ziplock para la conservación de su humedad.



Figura 25. Ramillas de Maple para laboratorio de biotecnología

Como se muestra en la figura 25, a las ramillas se les quitó las hojas para evitar la evapotranspiración y que logran conservar más la humedad, posterior a esto se procedió a su empaque en bolsas y en hielera.

3.3.3.2 Colecta de material vegetal para herborización

Para la colecta de material vegetal para herborización se trató de colectar muestras completas, pero de acuerdo a los tiempos de muestreo no se logró colectar muestras con flores, únicamente con frutos, prensándolo en una prensa botánica para su posterior montaje en el herbario de la Facultad de Agronomía (FAUSAC). En la figura 26 se muestran las fotografías de la colecta y el prensado.



Figura 26. Herborización de muestras botánicas de Maple de Guatemala

3.4 Evaluación

Durante el proceso de monitoreo y colecta se lograron identificar 2 poblaciones y 7 sub-poblaciones de Maple, estableciendo que la época de floración corresponde a los meses de diciembre-enero y de fructificación es de febrero-abril, liberando los frutos a finales abril y principios de mayo.

Se colectaron 21 muestras vegetales para herbario (prensadas). y se colectaron 30 muestras para el laboratorio de biotecnología

3. Servicio II. Recopilación y tabulación de datos climáticos de las estaciones meteorológicas San Lorenzo del año 1994 al 2007

3.1 Objetivos

- Recopilar la información de los parámetros climáticos de T^o máxima, T^o mínima y precipitación de la estación meteorológica San Lorenzo.
- Tabular los datos climáticos para generación de bases de datos mensuales y anuales.
- Generar tablas de temperaturas promedios mensuales y anuales para la estación meteorológica.

3.2 Metodología

La metodología empleada para la realización del servicio consistió en tres fases:

A. Recopilación de información climática

Consistió en la recopilación de información climática no tabulada desde el año 1994 hasta el año 2007, recopilando la información de temperaturas máximas y mínimas

B. Tabulación de datos climáticos

La tabulación de los datos o parámetros climáticos antes mencionados se procedió principalmente tabulando los parámetros diarios desde 1994 hasta 2007,

promediándolos y obteniendo parámetros promedio mensuales, esto se realizó para cada mes en el rango de los años antes mencionados.

C. Realización de tablas promedios

Con la información climática tabulada se procedió a la generación de promedios anuales como también la generación de una tercera tabla de temperatura, la cual promediando la temperatura máxima y mínima de forma diaria, se logró obtener la tabla de temperatura promedio tanto mensual como anual.

3.3 Resultados

La estación meteorológica de San Lorenzo es una de las 2 estaciones que se encuentran en la parte media de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas del distrito Motagua, la cual puede brindar información climática relevante para el manejo de los recursos naturales del área.

3.3.1 Ubicación de la estación meteorológica.

La estación meteorológica San Lorenzo es propiedad del INDE, la cual está en funcionamiento desde del mes de julio de 1994, tomando los parámetros de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y precipitación pluvial, con datos diarios.



Figura 27. Estación Meteorológica San Lorenzo,

La estación meteorológica se encuentra ubicada en el caserío San Lorenzo a 1780 msnm (parte media de las subcuenca Lat: 1670500 Long: 858544).

3.3.2 Recopilación de información.

La información climática existente deriva de junio de 1994, existe una boleta mensual en la cual se tomaban los registros diarios de temperatura máxima y temperatura mínima, y otra boleta para la precipitación pluvial en milímetros, en total existe un registro escrito de 168 boletas de temperatura y 160 boletas de precipitación pluvial, las cuales fueron agrupadas en orden ascendente de 1994 hacia 2007 agrupándolas por mes y por año.



Figura 28. Recopilación y ordenamiento de información climática.

3.3.3 Tabulación y generación de tablas

Ya habiendo recopilado la información, se procedió a tabular los datos diarios para convertirlos en promedios mensuales generando así las tablas de T° máxima, T° mínima y precipitación promedio anual para el rango de tiempo de 1994- a 2007, y a partir de estas se procedió a generar la tabla de T° promedio mensual para dicho rango. Como se muestran en las siguientes cuadros, dicha información se generó con la finalidad de poder generar estudios relacionados al comportamiento del clima a través del tiempo en sus distintos parámetros y que tengan una mayor utilización para el manejo de los recursos, ya que es una de las pocas estaciones que pueden generar información climática dentro de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.

Cuadro 37. Registro climático tabulado, temperatura máxima, estación San Lorenzo

ESTACION	LAT	LONG	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1994	TMAXPR	GRADOC	---	---	---	---	---	---	23,5	22,7	21,1	20,5	19,9	20,1	21,3
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1995	TMAXPR	GRADOC	21,1	20,8	21,6	19,8	21,2	20,1	21,1	22,0	21,1	22,2	20,3	19,7	20,9
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1996	TMAXPR	GRADOC	20,3	21,1	22,4	22,3	19,3	22,3	21,6	22,3	22,4	20,1	20,1	20,0	21,2
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1997	TMAXPR	GRADOC	18,3	21,0	23,5	23,0	23,9	24,0	24,0	23,8	23,3	23,4	19,3	21,1	22,4
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1998	TMAXPR	GRADOC	20,7	23,8	23,1	26,3	29,6	22,1	21,6	23,1	23,4	20,3	18,4	23,7	23,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1999	TMAXPR	GRADOC	17,5	20,1	25,0	23,4	28,2	27,5	22,1	24,0	22,5	21,5	19,9	20,7	22,7
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2000	TMAXPR	GRADOC	19,0	20,1	20,5	23,3	22,9	22,3	22,5	22,2	20,3	19,8	18,9	20,0	21,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2001	TMAXPR	GRADOC	18,0	20,9	21,9	22,9	22,9	21,4	22,1	18,9	17,8	17,9	16,1	17,6	19,9
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2002	TMAXPR	GRADOC	16,8	15,0	17,0	21,4	21,9	19,3	18,5	19,8	19,1	17,3	17,4	18,6	18,5
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2003	TMAXPR	GRADOC	17,4	18,6	17,5	17,2	20,6	17,7	17,2	17,4	19,6	22,4	19,2	14,8	18,3
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2004	TMAXPR	GRADOC	14,2	14,2	14,7	16,7	16,6	17,5	16,2	19,2	18,5	18,0	16,8	16,8	16,6
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2005	TMAXPR	GRADOC	16,5	17,4	22,0	17,8	18,7	19,2	19,9	17,6	17,1	17,8	16,9	15,6	18,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2006	TMAXPR	GRADOC	15,4	15,8	18,4	17,3	17,6	18,4	18,1	18,4	17,8	17,9	16,9	16,2	17,3
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2007	TMAXPR	GRADOC	13,4	13,8	14,1	15,5	16,5	16,3	16,9	16,4	16,0	15,9	13,1	14,7	15,2

Cuadro 38. Registro climático tabulado, temperatura mínima, estación San Lorenzo

ESTACION	LAT	LONG	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1994	TMINPR	GRADOC	---	---	---	---	---	---	6,3	6,3	5,5	5,9	6,0	6,3	6,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1995	TMINPR	GRADOC	6,0	6,4	6,1	6,1	8,6	6,2	6,8	7,7	7,9	7,4	6,5	6,4	6,8
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1996	TMINPR	GRADOC	6,9	7,1	7,1	7,3	7,2	7,9	8,29	8,9	7,5	8,4	5,9	6,3	7,4
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1997	TMINPR	GRADOC	8,0	6,2	6,1	6,4	7,5	11,0	9,25	8,6	8,4	7,2	6,7	6,1	7,6
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1998	TMINPR	GRADOC	8,3	5,4	5,4	5,4	5,8	7,8	8,42	7,5	8,0	8,2	7,6	6,0	7,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1999	TMINPR	GRADOC	4,8	5,5	7,2	4,4	5,2	4,9	6,59	11,7	9,5	8,4	5,7	4,4	6,5
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2000	TMINPR	GRADOC	4,7	5,4	5,3	4,7	4,1	4,7	4,12	5,1	6,3	8,3	6,9	5,5	5,4
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2001	TMINPR	GRADOC	4,2	5,2	5,7	4,6	5,5	4,3	6,57	5,4	4,5	9,6	5,0	4,9	5,5
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2002	TMINPR	GRADOC	4,1	3,3	3,8	5,3	6,0	5,1	5,19	5,3	5,3	7,8	4,7	4,1	5,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2003	TMINPR	GRADOC	4,6	4,9	4,4	5,9	5,1	8,8	3,45	7,6	10,8	10,7	10,6	9,2	7,2
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2004	TMINPR	GRADOC	9,4	8,7	13,7	4,6	12,8	12,4	12,79	12,9	13,3	13,7	12,2	10,4	11,4
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2005	TMINPR	GRADOC	8,2	8,8	12,4	11,0	13,7	13,4	13,25	14,2	14,1	13,1	11,4	9,9	12,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2006	TMINPR	GRADOC	8,8	8,7	13,1	7,8	13,3	12,9	13,0	13,5	13,7	13,4	11,8	10,2	11,7
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2007	TMINPR	GRADOC	9,1	9,5	10,6	12,1	13,3	13,8	13,9	13,2	13,3	12,8	10,0	11,6	11,9

Cuadro 39. Registro climático tabulado, Temperatura promedio mensual, estación San Lorenzo

ESTACION	LAT	LONG	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1994	TMEDIA	GRADOC	---	---	---	---	---	---	14,86	14,49	13,25	13,2	12,93	13,2	13,7
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1995	TMEDIA	GRADOC	13,54	13,6	13,8	12,96	14,865	13,165	13,96	14,86	14,47	14,78	13,4	13	13,9
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1996	TMEDIA	GRADOC	13,57	14,1	14,8	14,81	13,275	15,105	14,95	15,61	14,92	14,24	13,01	13,2	14,3
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1997	TMEDIA	GRADOC	13,17	13,6	14,8	14,73	15,73	17,51	16,6	16,17	15,82	15,33	12,97	13,6	15,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1998	TMEDIA	GRADOC	14,47	14,6	14,3	15,86	17,69	14,965	15,01	15,33	15,71	14,26	13,01	14,9	15,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1999	TMEDIA	GRADOC	11,13	12,8	16,1	13,88	16,66	16,23	14,33	17,84	16,03	14,97	12,79	12,5	14,6
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2000	TMEDIA	GRADOC	11,86	12,7	12,9	13,96	13,465	13,47	13,3	13,64	13,25	14	12,88	12,8	13,2
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2001	TMEDIA	GRADOC	11,1	13,1	13,8	13,74	14,21	12,835	14,32	12,17	11,18	13,71	10,54	11,3	12,7
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2002	TMEDIA	GRADOC	10,46	9,19	10,4	13,37	13,955	12,22	11,85	12,57	12,19	12,56	11,03	11,3	11,8
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2003	TMEDIA	GRADOC	10,99	11,8	10,9	11,55	12,88	13,255	10,33	12,52	15,19	16,56	14,9	12	12,7
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2004	TMEDIA	GRADOC	11,8	11,5	14,2	10,66	14,69	14,975	14,5	16,01	15,89	15,87	14,51	13,6	14,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2005	TMEDIA	GRADOC	12,37	13,1	17,2	14,39	16,185	16,32	16,57	15,89	15,58	15,46	14,16	12,8	15,0
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2006	TMEDIA	GRADOC	11,39	11,6	12,6	11,1	13,785	14,115	12,41	14,26	15,54	16,22	14,7	12,8	13,4
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2007	TMEDIA	GRADOC	11,27	11,6	12,4	13,78	14,9	15,04	15,4	14,8	14,67	14,3	11,56	13,2	13,6

Cuadro 40. Registro climático tabulado, precipitación promedio anual, estación San Lorenzo

ESTACION	LAT	LONG	ALT	AÑO	VARIAB	DIMENS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1994	LLUVIA	mm	---	---	---	---	---	---	---	200,4	579,2	399,7	213,9	56,2	1449,4
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1995	LLUVIA	mm	13,1	63,7	6,4	122,4	200,4	397,2	308,3	475,1	784,1	370,2	202,5	66,9	3010,3
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1996	LLUVIA	mm	12,4	25,0	11,5	73,8	210,5	424,3	316,3	424,8	703,1	381,4	391,3	56,0	3030,4
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1997	LLUVIA	mm	25,3	46,4	16,0	74,0	127,4	732,2	142,8	235,2	664,2	281,9	227,5	58,9	2631,8
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1998	LLUVIA	mm	12,0	35,2	13,6	72,4	85,6	400,4	306,6	400,2	647,0	587,9	301,7	54,9	2917,5
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	1999	LLUVIA	mm	13,5	32,5	6,9	48,6	122,9	320,7	356,2	440,3	961,5	353,2	280,4	61,5	2998,2
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2000	LLUVIA	mm	58,0	25,0	0,0	157,0	432,2	536,1	110,6	342,8	514,4	187,2	200,7	70,9	2634,9
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2001	LLUVIA	mm	23,2	50,9	30,0	46,5	227,0	278,2	159,6	333,2	746,6	285,5	193,4	85,5	2459,6
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2002	LLUVIA	mm	10,0	34,8	6,4	43,0	125,0	336,0	257,6	358,9	625,3	264,9	198,5	59,9	2320,3
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2003	LLUVIA	mm	11,4	27,4	34,1	67,5	167,6	431,2	139,8	340,3	719,2	333,1	223,2	69,9	2564,7
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2004	LLUVIA	mm	22,7	32,9	20,3	48,7	87,2	434,1	214,5	423,3	621,6	314,4	186,7	59,7	2466,1
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2005	LLUVIA	mm	15,4	27,5	85,2	60,0	209,0	249,0	305,7	425,6	607,0	375,0	222,7	50,7	2632,8
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2006	LLUVIA	mm	14,8	29,0	18,4	71,9	175,6	320,6	256,4	329,2	643,5	367,4	238,2	88,6	2553,6
SAN LORENZO	1670500	858544	1780	2007	LLUVIA	mm	18,3	33,5	20,0	74,8	201,4	367,2	342,1	402,6	542,5	352,6	193,6	66,2	2614,8

La información de la estación climática se inició recopilando en el mes de Abril de 1994 pero los registros en la aldea San Lorenzo inician desde el mes de Junio del mismo año para los registros de temperatura y para el mes de agosto para los registros de precipitación pluvial.

3.4 Evaluación

La información climática de la estación meteorológica San Lorenzo históricamente se analizaba por parte del INDE, de los cuales dichos análisis y tabulación de la información, no regresaba al área, y actualmente esta información ya no es registrada por dicha institución, pero la empresa Guatemarmol se tomó la tarea de registrar dicha información climática pero sin ningún análisis, los cuatro cuadros presentados anteriormente, brindan información básica sobre los parámetros climáticos, los cuales dejarán de ser archivos ociosos y poder brindar información a técnicos encargados del manejo y conservación de la Reserva de Biósfera Sierra de las Minas.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 2003. Mapa topográfico de Guatemala: hoja Río Hondo, no. 2261 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
2. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). 2003. Informe del estado del ambiente; geológico Guatemala 2003. Guatemala. 224 p.
3. Medinilla, O. 1999. Estudio florístico de los bosques con dominancia de especies del genero *Pinus* en la microcuenca del Río Colorado, Río Hondo, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 135 p.
4. Zeissig Dávila, AM. 2007. La situación socioeconómica, caracterización hidromorfológica y uso actual de los recursos suelo de la subcuenca del río Panimá, Purulha, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 160 p.