



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA  
LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN  
AMBIENTAL EN EL PÁRAMO DE MOJANDA, PARROQUIA SAN  
RAFAEL, CANTÓN OTAVALO”.**

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Recursos Naturales  
Renovables

**AUTORA:**

Carmen Lucía Gómez Chirán

**DIRECTORA:**

Ing. Elizabeth Velarde

Ibarra – Ecuador

2016

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**

**TÍTULO**

**“DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PÁRAMO DE MOJANDA, PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO”.**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADO:**

Ing. Elizabeth Velarde

**Directora**

Ing. Mónica León

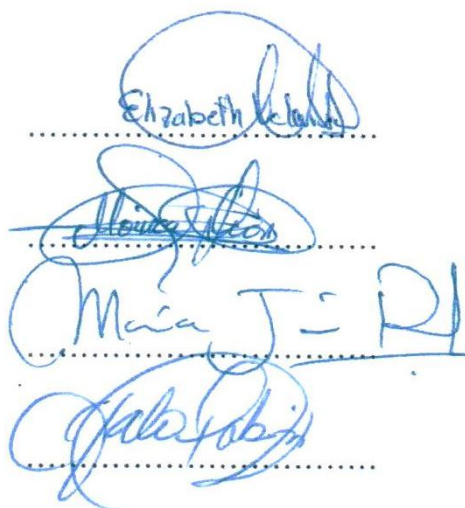
**Asesora**

Ing. María José Romero

**Asesora**

Biol. Galo Pabón

**Asesor**



The image shows four blue ink signatures, each written on a horizontal dotted line. From top to bottom, the signatures are: 1. Elizabeth Velarde, 2. Mónica León, 3. María José Romero, and 4. Galo Pabón.

**Ibarra – Ecuador**

**2016**

## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló, sin valor derechos de autor de terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de mayo de 2016



---

Firma

Carmen Lucía Gómez Chirán

100304884-8

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Carmen Lucía Gómez Chirán**, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Elizabeth Velarde", is written over a horizontal line.

Ing. Elizabeth Velarde

DIRECTA DE TRABAJO DE GRADO

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A  
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **CARMEN LUCÍA GÓMEZ CHIRÁN**, con cedula de identidad Nro **100304884-8**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de la Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6 en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PÁRAMO DE MOJANDA, PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 6 días del mes de mayo de 2016



Firma

Carmen Lucía Gómez Chirán

100304884-8



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003048848		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Gómez Chirán Carmen Lucía		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Natabuela, Calle Gonzáles Suárez entre Panamericana y Flores Vásquez.		
<b>EMAIL:</b>	karmitha@hotmail.es		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-----	<b>Teléfono móvil:</b>	0986771328

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PÁRAMO DE MOJANDA, PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO”
<b>AUTOR:</b>	Gómez Chirán Carmen Lucía
<b>FECHA:</b>	6 de mayo del 2016
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	Pregrado
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTORA:</b>	Ing. Elizabeth Velarde

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Carmen Lucía Gómez Chirán, con cédula de ciudadanía Nro. **1003048848**; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 6 de mayo del 2016

**AUTORA:**



---

**Carmen Lucía Gómez Chirán**  
100304884-8

**ACEPTACIÓN:**



---

Ing. **Betty Chávez**  
**JEFA DE BIBLIOTECA**

## **DEDICATORIA**

*Quiero dedicar este proyecto de Tesis a mi madre quién es un ejemplo de constancia y dedicación, gracias a su esfuerzo incansable y pensando en el futuro de mis hermanos y mío consiguió darnos el regalo más valioso la educación, me enseñó que en la vida las cosas no se consiguen fácil solo la perseverancia y ganas de salir adelante logran superar nuestras metas, su amor y apoyo son fuente de inspiración en mi vida.*

*A mis hermanos con quienes compartí momentos inolvidables gracias a su apoyo sin importar la distancia que nos separe siempre serán mi motivación.*

*A mis amigos quienes me animaron con sus palabras y acompañaron en desafíos estudiantiles que nos sirvieron de experiencia profesional.*

*Lucy*



## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar un profundo agradecimiento a todo el equipo técnico que conforma la Subdirección de Gestión Ambiental de la Prefectura de Imbabura, en especial al Ing. Agustín Rueda, Ing. Sonia Narváez e Ing. Dora Cuamacas quienes realizaron la gestión necesaria y aportaron conocimientos valiosos para desarrollar el estudio gracias por su tiempo, la experiencia conseguida me servirá para mejorar mis conocimientos.*

*Agradezco a la presidenta y los actores claves vinculados en la gestión del agua del GAD parroquial de San Rafael de la Laguna, quienes me facilitaron la información del área de estudio y acompañaron en las salidas de campo, sin su ayuda y compromiso en cada etapa del proyecto de tesis no se hubiera conseguido terminarlo.*

*A mi directora de tesis Ing. Elizabeth Velarde quien me dio las indicaciones encaminadas en corregir y mejorar la tesis, a mis asesores Ing. Mónica León, Ing. María José Romero y Biol. Galo Pabón por las revisiones realizadas y las sugerencias orientadas en mejorar el presente estudio.*

*A mi familia por haber sido la base fundamental de mi inspiración y mis amigos por haber compartido momentos inolvidables durante toda la trayectoria universitaria, sus palabras de ánimo hicieron posible que me dedique y enfoque en finalizar todo este proceso de ejecución de la tesis.*

*Lucía Gómez*

## RESUMEN

En el área de estudio de la cuenca Imbakucha del Lago San Pablo se determinaron seis zonas de posibilidad de recarga hídrica. Las áreas de recarga media fueron las fuentes de Alisopugyo, Pogyorodio, Cocobantsig, Jucsiuco, Yanajakcha. Las fuentes con posibilidad de recarga hídrica alta fueron Turupamba, Torouco, Piaura, Alpachaca; y las fuentes con posibilidad de recarga hídrica muy alta fueron las fuentes de Pushipugyo1, Pushipugyo2 y Jatunpugyo. Las prácticas agrícolas y domésticas están cambiando la calidad de las fuentes de agua, mediante los análisis se logró determinar que pH, Turbidez, Nitritos, Nitratos, Amonio, cumplen con las normas ambientales del Ecuador. En cambio los parámetros Color, Sólidos Totales Disueltos, Hierro, Sulfatos, Fosfatos Coliformes totales y *E. coli* no cumplen con las normativas. Existe un desbalance en estos parámetros que afecta la transparencia, sabor, crecimiento acelerado de algas e indica contaminación fecal. El caudal medido en época lluviosa en la fuente de agua de Jatunpugyo es alto con 125,0 l/s es alto y en época seca este disminuye a 115,0 l/s. La fuente con el caudal más bajo fue la de Alisopugyo con 0,54 l/s en época lluviosa y 0,41 l/s en época seca. Los resultados de la prueba de t indican que existe una significancia al 1% y al 5% en la diferencia del caudal en las fuentes hídricas. Finalmente se planteó una propuesta de conservación y recuperación ambiental orientada en proyectos de protección física de las fuentes de agua, monitoreo de la calidad del agua de las fuentes hídricas, conservación del páramo, determinación de perímetros de protección de fuentes de agua, buenas prácticas agropecuarias, y prácticas de conservación de suelos y reforestación con especies nativas.

## SUMMARY

In the study area the Imbakucha basin of Lake San Pablo six zones of potential water recharge were determined. Average recharge areas were the sources of Alisopugyo, Pogyorodio, Cocobantsig, Jucsiuco and Yanajakcha. Sources with potentially high water recharge were Turupamba, Torouco, Piaura, Alpachaca; and sources with the possibility of high water recharge were Pushipugyo1 sources, Pushipugyo2 and Jatunpugyo. Agricultural and domestic practices are changing the quality of water sources through the analysis it was determined that pH, Turbidity, nitrites, nitrates, ammonium, comply with environmental standards Ecuador. Color parameters instead, Total Dissolved Solids, Iron, Sulfates, Phosphates Total coliforms and E. coli do not comply with regulations. There is an imbalance in these parameters affecting transparency, taste, accelerated growth of algae and indicates fecal contamination. The flow measured during the rainy season in the source water is high Jatunpugyo with 125.0 l / s is high and dry season this decreases to 115.0 l / s. The source with the lowest rate was to Alisopugyo with 0.54 l / s in the rainy season and 0.41 l / s in the dry season .The results of the t test indicate that there is significant at 1% and 5 % difference in flow in water sources. Finally a proposal for the conservation and rehabilitation oriented projects physical protection of water sources, monitoring of water quality of water sources, conservation of the moor, determining perimeters of protection of water sources, good agricultural practices raised and soil conservation practices and reforestation with native species.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS .....	3
1.1.1. Objetivo General .....	3
1.1.2. Objetivos específicos .....	3
1.2. PREGUNTAS DIRECTRICES .....	3
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>4</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. PÁRAMO CON VERTIENTES HÍDRICAS .....	4
2.2. DELIMITACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS .....	4
2.2.1. Zonas de importancia hídrica .....	5
2.2.2. Manejo y gestión de zonas de recarga hídrica .....	6
2.2.3. Estudio del régimen hidrológico del páramo .....	7
2.2.4. El manejo comunitario del agua en Mojanda.....	8
2.3. NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO .....	9
2.3.1. Marco legal de referencia.....	10
2.4. PROPUESTAS DE CONSERVACIÓN .....	11
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>12</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>12</b>
3.1. MATERIALES .....	12
3.2. MÉTODOS .....	13
3.2.1. Límites de la parroquia San Rafael de la Laguna .....	13
3.2.1.2. Ubicación cartográfica de las fuentes hídricas.....	13
3.2.2. Delimitación y codificación de unidades hidrográficas .....	14
3.2.3. Identificación cartográfica de las zonas de recarga hídrica .....	16
3.2.5. Caracterización de flora .....	20
3.2.6. Caracterización de fauna .....	21
3.2.7. Diagnóstico socio-económico .....	22
3.2.8. Caracterización meteorológica del área de estudio.....	22
3.2.9. Análisis de la cantidad y calidad de las fuentes hídricas .....	23
3.2.9.1. Ubicación de la toma de muestras de agua .....	23
3.2.9.2. Salida de campo para toma de muestras de las fuentes hídricas .....	24
3.2.10. Medición de caudales .....	27
3.2.10.1 Análisis estadístico utilizando la t pareada para determinar la diferencia de caudales .....	28
3.2.12. Propuesta de Conservación y Recuperación de las Reservas Hídricas ....	28

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>31</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
4.1. UBICACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS .....	31
4.1.1. Delimitación del área de reserva hídrica.....	32
4.1.2. Hidrología del área de reserva hídrica .....	33
4.2. IDENTIFICACIÓN CARTOGRÁFICA DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA .....	34
4.2.1. Pendientes en la zona de reserva hídrica.....	35
4.2.2. Tipo de suelo en la zona de reserva hídrica .....	36
4.2.3. Geología del suelo en la zona de reserva hídrica .....	37
4.2.4. Cobertura vegetal y uso del suelo en la zona de reserva hídrica.....	39
4.2.5. Determinación de zonas de recarga hídrica .....	41
4.3. DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DE LAS ÁREAS DE RESERVA HÍDRICAS IDENTIFICADAS .....	42
4.3.1. Caracterización flora .....	48
4.3.2. Caracterización fauna.....	49
4.3.3. Diagnóstico socio-económico .....	50
4.3.4. Caracterización meteorológica del área de reserva hídrica.....	51
4.3.5. Tipos de climas del área de reserva hídrica .....	54
4.4. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	55
4.4.1. Análisis de agua en la parte baja del área de reserva hídrica .....	57
4.4.2. Análisis del agua en la parte media de la reserva hídrica .....	60
4.4.3. Análisis del agua en la parte alta del área de reserva hídrica.....	64
4.5. ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA .....	69
4.5.1 Análisis Estadístico .....	70
4.6. PROPUESTA DEL ÁREA DE RESERVA HÍDRICA .....	71
4.6.1. Análisis de la problemática y objetivos estratégicos.....	72
4.6.2. Matriz FODA .....	72
4.6.3. Estrategias identificadas.....	76
4.6.4. Conservación y recuperación ambiental de las zonas hídricas .....	77
4.6.4.1. Taller de socialización de proyectos .....	77
4.6.4.2. Priorización de proyectos .....	78
4.6.5. Ubicación de los sitios estratégicos .....	80
4.6.6. Área de muy alta posibilidad de recarga hídrica.....	81
4.6.6.1. Estrategia de conservación, regularización y control del recurso hídrico para consumo humano.....	81
4.6.7. Área de alta posibilidad de recarga hídrica .....	85
4.6.7.1. Estrategia de conservación y manejo de ecosistemas frágiles .....	86
4.6.8. Área de media posibilidad de recarga hídrica .....	87
4.6.8.1. Estrategia de uso adecuado de la frontera agrícola .....	88
4.6.9. Área de moderada posibilidad de recarga hídrica .....	90

4.6.9.1. Estrategia de manejo de las prácticas agropecuarias.....	90
4.6.10. Área de baja posibilidad de recarga hídrica .....	92
4.6.10.1. Estrategia de manejo de la pérdida del área receptora del recurso hídrico .....	92
4.6.11. Área de muy baja posibilidad de recarga hídrica .....	94
4.6.11.1. Estrategias de control y recuperación de áreas degradadas .....	94
4.6.12. Presupuesto de la Propuesta de Conservación y Recuperación Ambiental de la Zona de Reserva Hídrica .....	99
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>101</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>103</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>105</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>105</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Límites permisibles de calidad del agua para consumo humano.....	10
Cuadro 3. 1: Materiales y Equipos.....	12
Cuadro 3. 2. Comunidades de la parroquia San Rafael de la Laguna.....	13
Cuadro 3. 3. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de pendiente.....	16
Cuadro 3. 4. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de suelo.....	17
Cuadro 3. 5. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.....	18
Cuadro 3. 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la cobertura vegetal y uso del suelo.....	18
Cuadro 3. 7. Rango del potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto	19
Cuadro 3. 8. Cronograma toma de muestras de agua.....	23
Cuadro 3. 9. Ubicación de los puntos de muestreo de las fuentes hídricas.....	24
Cuadro 3. 10. Parámetros calculados en el Laboratorio (ECAA).....	25
Cuadro 3. 11. Métodos de Laboratorio.....	26
Cuadro 3. 12. Proceso de la propuesta de conservación y recuperación ambiental.....	29
Cuadro 4. 1. Ubicación de las fuentes de agua.....	32
Cuadro 4. 2: Delimitación y codificación de la unidad hidrográfica nivel 6.....	33
Cuadro 4. 3: Área de reserva hídrica.....	33
Cuadro 4. 4. Río y quebradas del área de reserva hídrica.....	34
Cuadro 4. 5. Pendientes.....	35
Cuadro 4. 6. Tipos de suelo.....	36
Cuadro 4. 7. Geología del suelo.....	38
Cuadro 4. 8. Clasificación de la cobertura vegetal y uso del suelo.....	40
Cuadro 4. 9. Zonas de recarga hídrica.....	41
Cuadro 4. 10. Posibilidad de recarga del área reserva hídrica.....	42
Cuadro 4. 11. Actores claves participantes en la gestión del agua.....	43
Cuadro 4. 12. Matriz de problemas de las fuentes hídricas identificadas.....	44
Cuadro 4. 13. Matriz de priorización de problemas.....	46
Cuadro 4. 14. Estación Meteorológica San Rafael del Lago (M0319).....	51
Cuadro 4. 15. Datos climáticos de la estación meteorológica San Rafael del Lago (M0319). .....	51
Cuadro 4. 16 . Estación Meteorológica Otavalo (M105).....	52
Cuadro 4. 17. Datos climáticos de la estación meteorológica Otavalo (M105)....	53
Cuadro 4. 18. Tipos de climas del área de reserva hídrica.....	54
Cuadro 4. 19. Juntas de agua del GAD de San Rafael de la Laguna.....	56

Cuadro 4. 20. Parámetros físicos químicos y microbiológicos analizados .....	56
Cuadro 4. 21. Caudal de las fuentes hídricas medidas en época seca y lluviosa ..	69
Cuadro 4. 22. Cálculo estadístico de la t pareada comparando caudales .....	71
Cuadro 4. 23. Determinación de la matriz FODA .....	73
Cuadro 4. 24 .Cruce de la matriz FODA.....	75
Cuadro 4. 25. Estrategias, políticas y lineamientos de la matriz FODA.....	76
Cuadro 4. 26. Listado de proyectos a ejecutarse en las zonas de recarga hídrica y fuentes de agua.....	78
Cuadro 4. 27. Ponderaciones para priorizar proyectos .....	79
Cuadro 4. 28. Priorización de proyectos .....	79
Cuadro 4. 29. Presupuesto referencial para realizar la protección física en los nacimientos de las fuentes de agua .....	83
Cuadro 4. 30. Presupuesto para monitorear la calidad y cantidad de las fuentes hídricas .....	85
Cuadro 4. 31. Presupuesto para conservar el páramo .....	87
Cuadro 4. 32. Presupuesto para protección de las fuentes de agua.....	90
Cuadro 4. 33. Presupuesto referencial para realizar capacitaciones de buenas prácticas para proteger fuentes de agua .....	92
Cuadro 4. 34. Presupuesto referencial para mejorar la capacidad de infiltración del agua en el suelo .....	94
Cuadro 4. 35. Condiciones ambientales para reforestar con especies nativas en los andes ecuatorianos .....	96
Cuadro 4. 36. Especies nativas solicitadas para realizar la reforestación .....	98
Cuadro 4. 37.Presupuesto para reforestar con especies nativas cerca de las fuentes de agua .....	99
Cuadro 4. 38.Presupuesto general de la propuesta de conservación y recuperación ambiental de la zona de importancia hídrica.....	100



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Perímetros de protección en función de las características geológicas	9
Figura 3. 1. Diagrama de flujo proceso de delimitación de la cuenca hidrográfica Imbakucha (Lago San Pablo).....	15
Figura 3. 2. Metodología de caracterización de flora: .....	21
Figura 3. 3. Metodología de caracterización fauna: .....	22
Figura 3. 4. Toma muestras de agua: .....	25
Figura 3. 5. Medición del caudal: .....	27
Figura 3. 6. Medición del caudal de la fuente de agua Jatunpugyo. ....	28
Figura 4. 1. Priorización de problemas en las fuentes hídricas.....	47
Figura 4. 2. Diagrama ombrotérmico de la estación San Rafael del Lago (M0319) .....	52
Figura 4. 3. Diagrama ombrotérmico la estación Otavalo (M0319). ....	53
Figura 4. 4. Parámetros físicos vs límite permisible en la parte baja del área de reserva hídrica. ....	57
Figura 4.5. Parámetros químicos vs límite permisible en la parte baja del área de reserva hídrica.....	58
Figura 4. 6. Parámetros microbiológicos vs límite permisible en la parte baja del área de reserva hídrica.....	60
Figura 4. 7. Parámetros físicos vs límite permisible en la parte media del área de reserva hídrica. ....	61
Figura 4. 8. Parámetros químicos vs límite permisible en la parte media del área de reserva hídrica .....	62
Figura 4. 9. Parámetros microbiológicos vs límite permisible en la parte media del área de reserva hídrica.....	63
Figura 4. 10. Parámetros físicos vs límite permisible en la parte alta del área de reserva hídrica .....	65
Figura 4. 11. Parámetros químicos vs límite permisible en la parte alta del área de reserva hídrica .....	66
Figura 4. 12. Parámetros microbiológicos vs límite permisible en la parte alta del área de reserva hídrica.....	68
Figura 4. 13. Caudales de las fuentes hídricas en época seca y lluviosa.....	70
Figura 4. 14. Taller de socialización .....	77
Figura 4. 15. Mapa de ubicación de las estrategias aplicadas en las zonas de recarga hídrica.....	80
Figura 4. 16. Entrega de materiales para realizar el cerramiento. ....	82
Figura 4. 17. Minga de cerramiento. ....	82
Figura 4. 18. Protección física de las fuentes de agua: .....	83
Figura 4. 19. Perímetro de protección de captaciones subterráneas .....	89

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador los páramos cubren alrededor de 1 260 000 ha., es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional, Mena & Hofstede, 2006, regulan la hidrología y abastecen de agua en cantidad y calidad, brindan servicios ambientales almacenando el carbono atmosférico y ayudando a controlar el calentamiento global; Recharte, Torres & Medina, 2000.

El páramo de Mojanda y las zonas de los asentamientos humanos, cubren una superficie de 27.800 hectáreas. Una parte de este territorio pertenece a las parroquias de Tupigachi, Tabacundo, La Esperanza, Tocachi y Malchinguí del cantón Pedro Moncayo, en la provincia de Pichincha, mientras la otra parte corresponde a las parroquias de: Eugenio Espejo, San Rafael y González Suárez del cantón Otavalo, en la provincia de Imbabura, Tocagón & otros, 2012.

El sistema de agua de la parroquia San Rafael de la Laguna nace con la captación desde las laderas y páramos del volcán Mojanda llegando a los hogares por tubería simple, con un problema de distribución en las partes altas de la parroquia. A nivel parroquial constituye la zona territorial que almacena agua proveniente de la precipitación y abastece a las poblaciones localizadas en la parte baja de la parroquia, Cevallos, 2011.

El acceso al agua para consumo en la parroquia de San Rafael de la Laguna no es un problema crítico, un 80% de la población tiene acceso al agua. Sin embargo,

en cuanto a su calidad está siendo afectada por las actividades humanas desarrolladas cerca de las fuentes de agua, existen requerimientos de potabilización urgentes porque el agua está siendo tratada usando únicamente cloro, Cevallos, 2011.

La falta de una identificación de las zonas de recarga hídrica ocasionan que no se tomen a tiempo las medidas necesarias para mejorar su estado de conservación, ya que existen zonas que no están siendo manejadas adecuadamente por los actores claves vinculados en la gestión del agua para consumo humano como: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR” en donde se realizan actividades antropogénicas que pueden estar afectando la calidad de las fuentes de agua.

El estudio permite identificar las zonas de importancia hídrica y conocer las causas que están afectando su estado actual teniendo como finalidad aportar con estrategias de: protección, restauración y conservación, que sirvan de referente en la implementación de acciones por parte de los actores claves del GAD de San Rafael vinculados en la gestión del agua.

El presente estudio servirá para que las entidades públicas puedan involucrarse para que aporten con financiamiento económico en el desarrollo de proyectos fomentando un nuevo tipo de gestión local ágil y organizado que considere la dimensión ambiental en la toma de decisiones, precautelando, a partir de la coordinación integrada de acciones del cuidado de las fuentes de agua a nivel parroquial.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo General**

- Determinar zonas de importancia hídrica para elaborar la propuesta de conservación y recuperación ambiental en el páramo de Mojanda, parroquia San Rafael, cantón Otavalo.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Identificar las principales fuentes de agua y zonas de recarga hídrica
- Diagnosticar participativamente el estado de conservación de las reservas hídricas identificadas.
- Analizar la cantidad y calidad de agua de las principales fuentes de agua para consumo humano de la parroquia San Rafael.
- Desarrollar y socializar una propuesta de conservación y recuperación ambiental de las reservas hídricas.

## **1.2. PREGUNTAS DIRECTRICES**

¿La cantidad y calidad de agua de las reservas hídricas es suficiente y adecuada para consumo humano?

¿En base a la determinación de zonas de importancia hídrica, será posible generar una propuesta de conservación y recuperación ambiental del páramo?

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

En la presente revisión de literatura se establece estudios y artículos científicos seleccionados en base a los requerimientos del tema del proyecto de estudio.

#### **2.1. PÁRAMO CON VERTIENTES HÍDRICAS**

El páramo almacena agua en la cobertura vegetal de ciertas plantas que llegan a infiltrarse al subsuelo originando acuíferos y formando vertientes de agua, también puede infiltrarse en capas subterráneas de roca o de otros elementos geológicos saturados que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad capaz de almacenar y transmitir agua subterránea en forma de acuíferos para que puedan ser aprovechadas para uso humano, Guzmán & Díaz, 2007.

#### **2.2. DELIMITACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS**

Existen diferentes maneras de delimitar ya sea manualmente, sobre un plano topográfico o digitalmente de forma semiautomática, utilizando las herramientas Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la información base geoespacial.

La codificación y delimitación de las unidades hidrográficas según Pfafstetter, 1989 realizada de manera manual se clasifica en tres tipos: cuenca, intercuenca y cuenca interna delimitadas desde las uniones de los ríos o desde el punto de desembocadura de un sistema de drenaje poseen un código diferente en todo el

mundo fijándose desde el cero al nueve de los cuales los cuatro dígitos pares pertenecen a las cuencas y los cinco dígitos impares a las intercuenas dejando el nueve para la unidad más representativa y el cero para la intercuenca, cada unidad de drenaje se puede subdividir y codificar siguiendo el proceso antes descrito.

Mediante el programa ArcGIS se delimita y codifica de una manera automática utilizando el Modelo Digital de Elevación del Terreno (MDET) y las herramientas de ArcToolbox se determina la dirección del flujo más empinada de descendencia de cada celda pixel para realizar la acumulación de flujo la más alta representa la red de drenaje, luego se realiza un stream link que indica la red de drenaje matricial comprendida entre las intersecciones finalmente se realiza un watershade que delimita cuencas de captación y contribución, UICN, 2009.

### **2.2.1. Zonas de importancia hídrica**

La recarga hídrica es el proceso por el cual se incorpora agua a un acuífero, procedente del exterior del contorno, el proceso de recarga hídrica comienza desde la infiltración de la lluvia, hasta la transferencia de agua desde otro acuífero. Se clasifican en: acuífero, vertientes, fuentes de agua. Las zonas de recarga hídrica son áreas que almacenan reservas de agua en el subsuelo que son manejadas por las comunidades para consumo humano, Carrasco, 2011.

Las zonas de mayor importancia hídrica son extensiones de territorio compuestas por áreas de recarga con la capacidad de almacenar agua en la superficie, que son conservadas y manejadas a fin de mantener sus características físicas de permeabilidad e infiltración, ya que afectan la magnitud de la recarga, y genera contaminantes que se puedan infiltrar al acuífero y dañar la calidad de sus aguas, Mattus, 2007.

Existen diferentes clases de zonas de recarga hídrica se pueden describir las zonas de recarga hídrica superficial que lavan el suelo y origina de la escorrentía superficial, zonas de recarga hídrica subsuperficial: agua que se queda dentro de la

superficie permitiendo que el flujo se concentre aguas abajo, zonas de recarga hídrica subterránea son sitios planos o cóncavos en donde se llenan los acuíferos, González, 2011.

### **2.2.2. Manejo y gestión de zonas de recarga hídrica**

El manejo y gestión de las zonas de recarga hídrica debe ser planificado después de haber conseguido su caracterización y valoración con los dueños de las tierras ya que no aceptan aplicar medidas que producen costo adicional o que por un uso limitado disminuyen sus ingresos, esto es lo que da comienzo entre otras alternativas a precisar y negociar pagos, indemnizaciones y hasta adquisición de terrenos, sobre todo cuando existe una zona de recarga importante, que compone la fuente de agua para una población u otro uso significativo, Vasquez del Castillo, 2008.

Para realizar el diagnóstico participativo se toma como unidad de análisis la microcuenca considerada como un sistema complejo y dinámico, que en su desarrollo interactúan las dimensiones ambientales, sociales, culturales e institucionales y el económico productivo, para determinar el proceso de diagnóstico se utilizó la herramienta de “Matriz de Decisión Comunitaria” el misma que además de priorizar los campos de observación ayudarán a definir los elementos claves o estratégicos a ser observados. Al mismo tiempo será una herramienta de aprendizaje y de toma de decisiones para la población de la microcuenca, Estrada A., 2011.

El mapeo une aspectos de género, ecológicos y económicos en el área, facilitando no solo herramientas para diagnosticar el estado en que las personas de la sociedad conservan su medio físico, sino que además permiten exponer las condiciones que histórica y geográficamente han ayudado para la organización de su área, y orientar opciones de manejo, que sin retirarse de propuestas reales, ayuden en el progreso de la calidad de vida de las personas y la conservación de los recursos naturales. A través del proceso de cambio de actitudes de la

comunidad y mediante la organización espacial se consigue definir estrategias para conseguir los objetivos que la comunidad ha planteado en los planes de manejo, Segarra, 2001.

Según estudios realizados por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) utilizados se realizó una *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica en la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua*, que utiliza una metodología práctica que permite a los actores locales identificar y elaborar el mapa de zonas potenciales de recarga hídrica integrando el conocimiento técnico y científico para realizar la superposición de las unidades de mapeo (tipo de suelo, pendiente, usos del suelo, geología, cobertura vegetal), haciendo ponderaciones de cada parámetro de 1 a 6, y utilizando la siguiente ecuación:  $ZR=[0,27(Pend) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$ ., evaluada según los parámetros propuestos en la metodología, obtenido como resultado mapas de zonas potenciales de recarga hídrica elaborados por los actores locales y obtenido mediante ArcView, Oscar Mattus, 2007.

### **2.2.3. Estudio del régimen hidrológico del páramo**

Para determinar la hidrología de tres microcuencas de alta montaña con diferente cobertura vegetal, ubicada en la ciudad de Cuenca, se analiza indicadores de precipitación-escorrentía generados por tres microcuencas con similares características geomorfológicas y diferentes coberturas vegetales como: cubierta de pajonal natural, pajonal pero con alteración antrópica y otra con un sistema lacustre. Los resultados indicaron que la microcuenca alterada presenta un aumento y disminución del caudal con menor capacidad de regulación del agua, mientras que la microcuenca lacustre y de pajonal natural tiene una mayor regulación del agua en periodos secos, se conoce poco sobre los procesos hidrológicos en los ecosistemas páramos existen zonas con sistemas lacustres con precipitaciones altas y bajas que no han sido cuantificadas ni identificadas, Araneda, 2014.



Para evaluar la calidad del agua de las fuentes hídricas lóxicas y léxicas en tres sitios de muestreo determinados de acuerdo: profundidad, caudal, pendiente del terreno y tipo de vegetación del páramo del Sol, ubicado en Colombia, en donde se tomó muestras de agua con un colorímetro portátil HACH 850, dando concentraciones de: conductividad, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos disueltos, pH, turbiedad, sulfatos, fosfatos y nitratos, determinando el estado fisicoquímico del agua de fuentes hídricas. Los resultados se compararon con los estándares nacionales de calidad para uso y destinación del recurso. Estas comparaciones permitieron establecer un análisis de la capacidad de las fuentes hídricas de estudio, Kliger & otros, 2012.

Los caudales pequeños de una vertiente se miden mediante el tiempo que se tarda en llenar con agua un recipiente de volumen conocido. La corriente se dirige hacia un canal que se descarga en un recipiente y el tiempo que tarda su llenado se mide por medio de un cronómetro, repitiéndose varias veces y se promedia, para asegurar su precisión, Saquicela & Velepucha, 2013.

#### **2.2.4. El manejo comunitario del agua en Mojanda**

El manejo social del agua en Mojanda está en proceso de continuo cambio y contención política. Por un lado, se ha señalado la importancia de la gestión del agua a nivel local en donde las comunidades que habitan cerca del páramo están presionadas a mejorar las prácticas de gestión y conservación de este ecosistema frágil por ello es necesario entender los procesos políticos y ecológicos en el manejo social del agua mediante la gestión administrativa de las Juntas Administradoras de Agua para Consumo Humano (JAA), que han ido transformándose y desempeñando distintos roles dentro de las comunidades indígenas, Armijos, 2014.

En el páramo de Sumapaz ubicado en Colombia se identifica alteraciones de degradación del suelo asociado a actividades agropecuarias y su efecto en la infiltración del agua que evalúa propiedades de densidad aparente, porosidad total,

infiltración y contenido de materia orgánica en diferentes unidades de suelo, se encuentra que la densidad aparente del suelo es baja, vegetación natural 0,86 g.cm-3 y mayor de 1,00 g.cm-3 para los demás usos, la porosidad fue del 65% para uso nativo y para el resto disminuyó en 23%. La capacidad de infiltración fue menor debido a la labranza, las quemas y el pisoteo de ganado, Flores, 2009.

El perímetro de protección de la captación del agua subterránea se clasifica en tres tipos: zona inmediata los terrenos comprendidos en este perímetro deben ser cercados el tiempo de transcurso del agua es de 1 día extendiéndose 20 m., zona intermedia se debe evitar el tipo de contaminación bacteriológica el tiempo de transito es de 50 días ocupando 40 m y zona alejada su tiempo de recorrido es de varios años abarcando 350 m (Figura 2.1), Otálvaro & otros, 2014.



**Figura 2.1. Perímetros de protección en función de las características geológicas**  
Fuente: Life Rural Supplies, 2009

### 2.3. NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Las normas de calidad del agua para consumo son: Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 1108:2011) se encuentran las especificaciones sobre los parámetros de abastecimiento de agua potable acogidas en el Ministerio de Salud Pública y los límites máximos permisibles de agua para consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren desinfección descrita en el Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental (TULSMA), del Libro VI, en el Anexo 1, Cuadro 1.

Los límites máximos permisibles de calidad del agua para consumo humano se muestran en el Cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1. Límites permisibles de calidad del agua para consumo humano.**

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido INEN 1108: 2011	TULSMA Libro VI Anexo I, Cuadro 1
Físicos			
Color	Pt- Co	15	20
Turbidez	NTU	5	10
pH*	mg/L	6.5- 8.5	6.0- 9.0
Sólidos Totales Disueltos		1000	500
Químicos			
Hierro Total	ppm	0.3	0.3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	ppm	200	250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	ppm	0.1	0.1
Nitratos (NO <sub>3</sub> )*	mg/L	10	10
Nitritos (NO <sub>2</sub> )*	mg/L	0.0	1.0
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L	1.0	1.0
Microbiológicos			
Coliformes Totales	NMP/ml	3000	<2UFC/100ml
E. Coli	NMP/ml	600	<2UFC/100ml

**Fuente: INEN 1108:2011 y TULSMA, Anexo 1, Libro VI, Cuadro1.**

**Elaboración: La autora**

### 2.3.1. Marco legal de referencia

Las leyes y ordenanza que se establecen de acuerdo a los objetivos fundamentales del tema de investigación de identificar fuentes de agua y zonas de recarga hídrica son:

Dentro de la Constitución Política de la República del Ecuador, el Art.411 señala que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos. También regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

En la Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, según el Segundo Suplemento, 2014, se analizan los artículos:

El Artículo 12 enuncia que el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable garantiza el manejo de las fuentes de agua y páramos, el Art.14 se refiere al cambio de uso del suelo en donde el Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad, calidad y el Art.32 señala la gestión pública o comunitaria del agua asegurando el mantenimiento del sistema de agua,

El Artículo 74 está orientado en la conservación de las prácticas tradicionales de manejo del agua, Art.78 señala que las áreas de protección hídrica son aquellas en donde se encuentran las fuentes de agua que abastecen el consumo humano y el Art.92 describe la permanecía de lugares que practican ritos, valores culturales y sagrados del agua.

En la Ordenanza bicantonal para protección y conservación de la zona de Mojanda, en el Art. 2. Asigna la preservación de las fuentes, vertientes y cursos de agua sobre la cota de 3000 msnm, Art. 14. En la zona de Mojanda se prohíbe toda clase de vegetación en el área de protección y conservación y en el Art. 15. En la zona de Mojanda que goza de protección binacional se prohíbe la tala de bosques, o cobertura vegetal, dentro de 50 metros mínimo del borde superior de las quebradas y de los cursos de agua existentes y, de 100 m. de radio de las fuentes y vertientes de agua, Concejo Municipal de Otavalo, 2002.

#### **2.4. PROPUESTAS DE CONSERVACIÓN**

La comunidad toma conciencia del daño grave que causa al páramo con sus actividades, cuando observa la falta de los recursos naturales que le suministraba el ecosistema páramo, es así que nace la necesidad de formular propuestas orientadas a la conservación de la diversidad biológica y proteger las funciones hidrológicas del páramo, para lograr esto debe existir la coordinación con los gobiernos locales; Tena, López & Torres, 2011.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente Tesis está establecida en materiales y métodos escogidos en base a los requerimientos empleados en la metodología del proyecto de estudio.

#### 3.1. MATERIALES

Los equipos y materiales utilizados en la investigación se detallan a continuación

**Cuadro 3. 1: Materiales y Equipos**

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Recurso Humano</b>
Cartas topográficas digitales a escala: 1:50.000, del IGM. Imágenes aerotransportadas del SIGTIERRAS. Cooler de espuma flex y frascos de plástico de 1 l. Balde de 10 litros Libreta de campo y listas de chequeo Guía de campo I y II <i>Aves del Ecuador</i> de Robert S. Ridgely y Paul J. Greenfield.	Vehículo del Gobierno Provincial de Imbabura Computador con Arcgis 10.0 Cámara digital marca Sony de 14.1 megapixeles. Navegador GPS Garmin Binoculares Bushnell waterproof 10 x 40 Cronómetro	Dirigentes del GAD de San Rafael del Lago. Técnico de la Subdirección de Gestión Ambiental del GPI. Personal del laboratorio (ECAA) de la Universidad Católica sede Ibarra. Tesista Directora Asesores

**Fuente: La autora**

## 3.2. MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos planteados se utiliza la metodología basada en identificar evaluar y analizar las zonas de reserva hídrica y principales fuentes de agua para elaborar la propuesta de conservación y recuperación.

### 3.2.1. Límites de la parroquia San Rafael de la Laguna

La Parroquia de San Rafael de la Laguna limita al Norte con la cabecera cantonal de Otavalo, al Sur con la parroquia Gonzales Suárez y el cantón Pedro Moncayo, al Este con las parroquias de San Pablo y Gonzales Suárez, y al Oeste con la parroquia de Eugenio Espejo (Anexo 1, Mapa 1). La superficie del territorio parroquial es de 19,5 km<sup>2</sup>. En la parroquia rural se encuentran nueve comunidades indígenas detalladas en el Cuadro 3.2, Cevallos, 2011.

**Cuadro 3. 2. Comunidades de la parroquia San Rafael de la Laguna**

<b>Parroquia Rural</b>	<b>Comunidades</b>
San Rafael de la Laguna	Tocagón Capillapamba Huaycopungo Cachiviro Cuatro Esquinas Cachimuel Mushuk Ñan San Miguel Alto San Miguel Bajo

Fuente: PDOT de San Rafael de la Laguna, 2011

Elaborado por: La autora

#### 3.2.1.2. Ubicación cartográfica de las fuentes hídricas

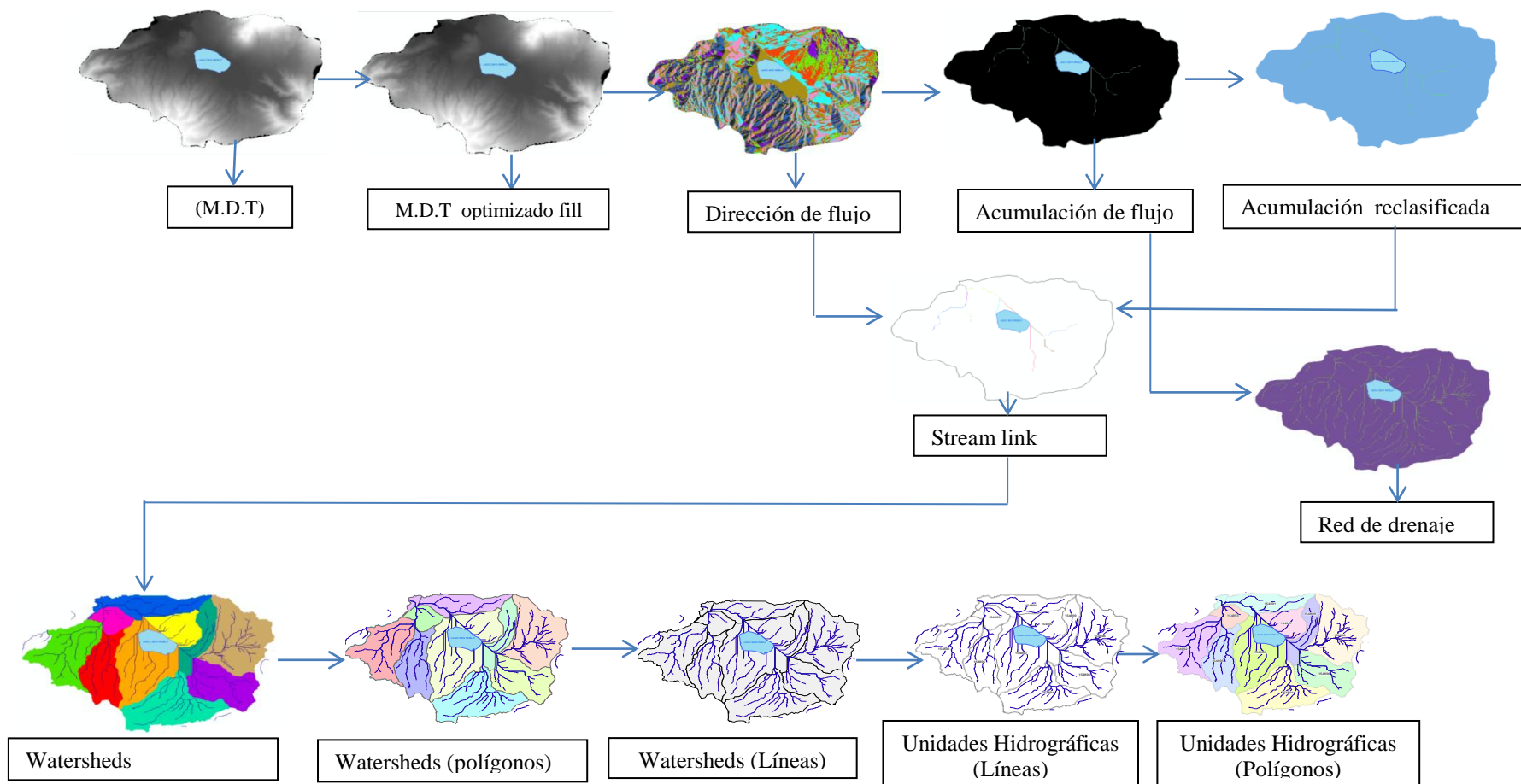
Utilizando la cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) de acceso libre de: Mojanda, Otavalo, San Pablo y Cayambe a escala: 1:50 000. La información fue procesada mediante el programa ArcGIS 10.0, para identificar las fuentes de agua se realizó un taller en el cual se convocará a todos los actores claves

vinculados en la gestión del agua para consumo humano como: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de Agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR”.

Para localizar las fuentes de agua se manejó la metodología de cartografía participativa explicada por Segarra, 2001 que emplea el conocimiento de los actores claves para realizar la salida de campo hacia la zona de reserva hídrica y posteriormente mediante el programa ArcGIS 10.0 se introdujo los puntos georeferenciados de las fuentes de agua para elaborar el Mapa Base.

### **3.2.2. Delimitación y codificación de unidades hidrográficas**

Para realizar la delimitación hidrográfica se empleó el método semiautomático de delimitación de cuencas del tipo cuencas internas que poseen un colector principal de Otto Pfafstetter, se utilizó el Modelo Digital de Elevación del Terreno (MDET) seleccionando la opción Hydrology para determinar la dirección y acumulación del flujo de agua, luego el raster generado se convirtió a polígono, se extrajo el polígono de la cuenca del área de estudio después se hizo un raster calculate y utilizando la opción de flujo de acumulación colocando valores mayores de cuatro dígitos se determinó la red hídrica posteriormente se reclasificó y se definió el enlace de corriente para generar las cuencas e intercuencas delimitadas, se convirtió a polígonos y se estableció los códigos de las unidades de drenaje obtenidas, Franz, 2011, como se muestra en la Figura 3.1.



**Figura 3. 1. Diagrama de flujo proceso de delimitación automática de la cuenca hidrográfica Imbakucha (Lago San Pablo)**  
**Fuente: Franz, 2011, Elaborado por: La autora**



### 3.2.3. Identificación cartográfica de las zonas de recarga hídrica

La identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica de las fuentes de agua se realizó en base a la metodología propuesta por Matus, *et al.* (2007) y utilizando los mapas temáticos de: pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal, uso del suelo, elaborados a escala 1:50 000 obtenidos del Sistema Nacional de Información (SNI, 2013).

#### a) Pendiente

En el área de estudio de reserva hídrica se utilizó la cartografía base de acceso libre del Instituto Geográfico Militar (IGM, 2016), cartas de: Mojanda, Otavalo, San Pablo del Lago y Cayambe a escala: 1:50 000, posteriormente la información fue procesada en el software ArcGIS 10.0 para elaborar el mapa de pendientes clasificado en seis rangos: plano (0-5%), ondulado (5-12%), ligeramente ondulado (12-25%), montañoso (25-50%), muy montañoso (50-70%), y escarpado (>70%), los rangos fueron ponderados en la escala de 1 a 6 para determinar la posibilidad de recarga hídrica, según se indica en el Cuadro 3.3.

**Cuadro 3. 3. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de pendiente**

<b>Microrrelieve</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Posibilidad de recarga hídrica</b>	<b>Ponderación</b>
Plano	0-5%	Muy alta	6
Ondulado	5-12%	Alta	5
Ligeramente Ondulado	12-25%	Media	4
Montañoso	25-50%	Moderada	3
Muy montañoso	50-70%	Baja	2
Escarpado	>70%	Muy baja	1

**Fuente: Matus *et al.*, 2007**

**Elaboración: La autora**

## b) Tipo de suelo

Se utilizó la carta del tipo de suelos a escala: 1:50 000 del Sistema Nacional de Información (SNI, 2013), posteriormente la información fue procesada en el software ArcGIS 10.0 para elaborar el mapa de tipos de suelos clasificado en seis tipos de texturas: suelo arenoso fino, suelo franco arenoso, suelo franco, suelo franco limoso, suelo franco arcilloso y suelo arcilloso los rangos fueron ponderados en la escala de 1 a 6 para determinar la posibilidad de recarga hídrica, según se indica en el Cuadro 3.4.

**Cuadro 3. 4. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de suelo**

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Posibilidad de recarga hídrica</b>	<b>Ponderación</b>
Suelo arenoso fino	Muy alta	6
Suelo franco arenoso	Alta	5
Suelo franco	Media	4
Suelo franco limoso	Moderada	3
Suelo franco arcilloso	Baja	2
Suelo arcilloso	Muy baja	1

**Fuente: Matus *et al*, 2007**

**Elaboración: La autora**

## c) Tipo de roca

Se empleó la carta de formaciones geológicas a escala: 1:100 000 del Sistema Nacional de Información (SNI, 2013), posteriormente la información fue procesada en el software ArcGIS 10.0, para elaborar el mapa de geología clasificado en seis rangos de permeabilidad: rocas muy permeables, rocas permeables, rocas moderadamente permeables, rocas poco permeables, rocas impermeables, rocas muy impermeables los rangos fueron ponderados en la escala de 1 a 6 para determinar la posibilidad de recarga hídrica, según se indica en el Cuadro 3.5.

**Cuadro 3. 5. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca**

<b>Tipo de roca</b>	<b>Posibilidad de recarga hídrica</b>	<b>Ponderación</b>
Rocas muy permeables	Muy alta	6
Rocas permeables	Alta	5
Rocas moderadamente permeables	Media	4
Rocas poco permeables	Moderada	3
Rocas impermeables	Baja	2
Rocas muy impermeables	Muy baja	1

Fuente: Matus *et al*, 2007

Elaboración: La autora

**c) Cobertura vegetal y uso del suelo**

Se utilizó la información de cobertura vegetal y uso del suelo a escala 1:100 000 del Sistema Nacional de Información (SNI, 2013), posteriormente la información fue procesada en el software ArcGIS 10.0, para elaborar el mapa de cobertura vegetal y uso del suelo clasificado en seis porcentajes de cobertura vegetal: >91%, 83-90%, 66-82%, 49-65%, 32-48% y <30%; y para el uso del suelo en seis tipos de formaciones vegetales agrupadas en: páramo; bosque y vegetación arbustiva; bosque plantado y silvopastoril; cultivo y vegetación arbustiva; cultivo y área erosionada; y terrenos agropecuarios, los rangos fueron ponderados en la escala de 1 a 6 para determinar la posibilidad de recarga hídrica, indicado en el Cuadro 3.6.

**Cuadro 3. 6. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la cobertura vegetal y uso del suelo**

<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Uso del suelo</b>	<b>Posibilidad de recarga hídrica</b>	<b>Ponderación</b>
>91%	Páramos	Muy alta	6
83-90%	Bosques y vegetación arbustiva	Alta	5
66-82%	Bosque plantado y silvopastoril	Media	4
49-65%	Cultivos y vegetación arbustiva	Moderada	3
32-48%	Cultivos y áreas erosionadas	Baja	2
<30%	Terrenos agropecuarios	Muy baja	1

Fuente: Matus *et al*, 2007

Elaboración: La autora

### 3.2.3.1. Determinación del potencial de recarga de las zonas evaluadas

El mapa de zonas de recarga hídrica se elaboró en el programa Arcgis 10.0 aplicando la herramienta raster calculator en la opción de álgebra de mapas ingresando las capas raster de los parámetros biofísicos con las ponderaciones según la ecuación propuesta por Matus, *et al.* 2007.

$$ZR=[0,27(Pend) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)].$$

Dónde: Pend=pendiente, Ts=Tipo de suelo, Tr=Tipo de roca, Cve=Cobertura vegetal permanente y Us= Usos del suelo. El resultado obtenido se analizó utilizando el Cuadro 3.7.

**Cuadro 3. 7. Rango del potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto**

<b>Posibilidad de recarga</b>	<b>Rango</b>
Muy alta	5,11-6,0
Alta	4,12- 5,10
Media	3,50- 4,11
Moderada	2,60- 3,49
Baja	2,0-2,59
Muy baja	1-1,99

Fuente: Mattus *et al.*, 2007

Elaboración: La autora

Utilizando los datos del Cuadro 3.7, se determinó la posibilidad de recarga hídrica del área de estudio de reserva hídrica. Luego, se definió el porcentaje y extensión en hectáreas de las cartas digitales del área de estudio.

### 3.2.4. Diagnóstico participativo de las reservas hídricas identificadas

Para el cumplimiento de este objetivo se coordinó con el técnico responsable del Gobierno Provincial de Imbabura y la Tesista de la UTN para realizar el acercamiento con los actores claves: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y

Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR” para establecer un cronograma de salidas de campo hacia los sitios de fuentes de agua identificadas.

Para realizar el diagnóstico participativo se utilizó la metodología empleada por Estrada, 2011, que abarca la investigación de la información primaria examinada por Corponariño, 2002, mediante salidas de campo, a través de lo expuesto se realizó recorridos de reconocimiento de las áreas de fuentes de agua con la finalidad de tener una visión previa del uso actual de la zona de estudio para así conseguir elaborar la cartografía temática.

Los datos obtenidos en campo fueron verificados con la información secundaria del: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de San Rafael, Cevallos, 2011, Plan de Manejo y Desarrollo de la zona de Mojanda, Ecociencia 2008, Plan de Desarrollo Turístico Integral de la parroquia San Rafael de la Laguna, GAD de San Rafael, 2011.

El diagnóstico del estado actual del área de reserva hídrica se determinó elaborando dos matrices una para detallar los problemas y posibles soluciones de las vertientes y la otra “Matriz de priorización” descrita por Estrada, 2011, para realizar su respectivo análisis y jerarquización.

### **3.2.5. Caracterización de flora**

La predominancia de la vegetación se determinó mediante observación directa y seleccionando tres sitios de muestreo ubicados cerca de las fuentes de agua y georeferenciados con el GPS, posteriormente se colectó muestras botánicas para ser identificadas utilizando la información secundaria. Luego para realizar un análisis cualitativo de la composición y estructura florística se utilizó listas de chequeo de flora y fauna, Braulete, 2013, registrando parámetros biofísicos, tipo de vegetación según: familia, nombre científico, nombre común (Anexo 2, Fichas) (Figura 3.2).



**Figura 3. 2. Metodología de caracterización de flora:**  
a) Sitio de muestreo parte alta, b) Sitio de muestreo parte baja,  
c) Muestras botánicas, d) Registro flora en las listas de chequeo.  
Elaboración: La autora

### **3.2.6. Caracterización de fauna**

La identificación de fauna fue ejecutada mediante recorridos por los senderos y caminos cortafuegos en donde mediante observación directa estableciendo el cambio de vegetación se siguió rastros que determinen indicios de presencia de mamíferos mediante (huellas, excrementos, restos de pelo, restos de comida, alteración de la vegetación, madrigueras, excavaciones) (Figura 3.3), para determinar la presencia de anfibios se buscó cerca de las fuentes de agua y el avistamiento de aves se ejecutó utilizando binoculares, Luego los datos obtenidos se registraron en listas de chequeo constituidas de acuerdo a su: orden, familia, nombre común, nombre científico, número de individuos, tipo de observación y hábitat de registro (Anexo 2, Fichas).



**Figura 3. 3. Metodología de caracterización fauna:**  
 a) Presencia de excretas, b) Madrigueras, c) Animales muertos, d) Registro de fauna en las listas de chequeo.  
 Elaboración: La autora

### **3.2.7. Diagnóstico socio-económico**

La determinación del diagnóstico socioeconómico se ejecutó mediante el análisis de la información secundaria recopilada del: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010), Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Rafael de la Laguna (PDOT San Rafael, 2011), Cevallos, 2011, e información del Plan de Manejo y Desarrollo de la zona de Mojanda (Ecociencia, 2008). Los parámetros analizados fueron: demografía, calidad de vida y servicios básicos.

### **3.2.8. Caracterización meteorológica del área de estudio**

Utilizando la información secundaria de las estaciones meteorológicas de: San Rafael de la Laguna (M0319) y Otavalo (M105) del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) se determinó el tipo de clima, época seca y lluviosa del área de estudio analizando parámetros climáticos: precipitación, temperatura y evapotranspiración. Representados en el diagrama bioclimático, Rodríguez & Erazo, 2011.

### 3.2.9. Análisis de la cantidad y calidad de las fuentes hídricas

El análisis de la cantidad y calidad del agua se llevó a cabo mediante mediciones de los caudales y toma de muestras de agua de las vertientes identificadas posteriormente se organizó un cronograma con el Administrador José Chalan del GAD de San Rafael para efectuar las salidas de campo (Cuadro 3.8).

**Cuadro 3. 8. Cronograma toma de muestras de agua**

PARROQUIA	SAN RAFAEL		TOMA DE MUESTRAS Y MEDICIÓN DEL CAUDAL	
	Fuentes de agua	Análisis	Época seca	Época lluviosa
Huaycopungo grande	Pushipugyo 1	2	30/09/2014	18/02/2015
	Alisopugyo	2	30/09/2014	18/02/2015
Cuatro esquinas	Pushipugyo 2	2	30/09/2014	18/02/2015
	Jatunpugyo	2	30/09/2014	18/02/2015
Mariscal	Cocobantsig	6	30/09/2014	18/02/2015
Tocagón	Turupamba	2	1/10/2014	19/02/2015
	Yanajakcha	4	1/10/2014	19/02/2015
	Jucusiuco	6	1/10/2014	19/02/2015
Cachimuel	Piaura	6	2/10/2014	20/02/2015
	Alpachaca	6	2/10/2014	20/02/2015
San miguel alto	Torouco	6	6/10/2014	23/02/2015
	Pogyorodio	6	6/10/2014	23/02/2015
<b>Total análisis en época seca y lluviosa</b>		<b>50</b>		

Fuente: La autora, GAD de San Rafael, 2011

#### 3.2.9.1. Ubicación de la toma de muestras de agua

Los puntos de muestreo se establecieron en la parte alta, media y baja descritos en el Cuadro 3.9, de acuerdo a la ubicación de las fuentes de agua, llevando un registro de la localización de puntos de muestreo. La frecuencia del muestreo se realizó en época seca y lluviosa, utilizando el método de muestra simple, Lab. de Química Ambiental Ideam, 1997, tomando una sola muestra y en el mismo sitio. Los puntos de muestreo se ilustran en el Anexo 1, Mapa 14.



**Cuadro 3. 9. Ubicación de los puntos de muestreo de las fuentes hídricas**

N° de muestras	Fuentes de agua	N° de muestreos	Sitios de muestreos	Coordenadas UTM (WGS 84), 17 S.		Altitud msnm.
				X	Y	
M1	Alisopugyo	2	Nacimiento agua	809915	10020896	2698
M2	Pushipugyo 1	2	Nacimiento agua	809793	10021140	2695
M3	Pushipugyo 2	2	Nacimiento agua	808602	10021852	2700
M4	Jatunpugyo	2	Nacimiento agua	808736	10021852	2701
M5	Cocobantsig	2	Nacimiento agua	811282	10018032	2810
		2	Tanque de agua 1	811290	10017860	2824
		2	Tanque de agua 2	811288	10017863	2823
M6	Turupamba 1	2	Nacimiento agua	806737	10016014	3697
M7	Yanajakcha 2	2	Nacimiento agua	807507	10016479	3639
M6,7	Turupamba y Yanajakcha	2	Tanque de agua	807892	10016955	3529
M8	Jucusiuco	2	Nacimiento agua	808579	10017257	3149
		2	Tanque de agua	808599	10017254	3149
		2	Llave de agua	808599	10017254	3149
M9	Piaura	2	Nacimiento agua	806633	10018148	3357
		2	Tanque de agua	807036	10018538	3201
		2	Llave de agua	808176	10020652	2883
M10	Alpachaca	2	Nacimiento agua	806735	10018379	3388
		2	Tanque de agua	807039	10018537	3355
		2	Llave de agua	808436	10020938	2835
M11	Torouco	2	Nacimiento agua	805620	10017832	3520
		2	Tanque de agua	806103	10018758	3430
		2	Llave de agua	807475	10020984	2854
M12	Pogyorodio	2	Nacimiento agua	806091	10018980	3349
		2	Tanque de agua	806394	10019042	3308
		2	Llave de agua	807815	10021433	2762
<b>Total de muestreo en época seca y lluviosa</b>		<b>50</b>				

Elaboración: La autora

**3.2.9.2. Salida de campo para toma de muestras de las fuentes hídricas**

La colaboración de los operadores de la junta administradora de agua de consumo humano (JAAPs), representantes del GAD municipal de la parroquia San Rafael y dirigentes de la microempresa comunitaria de agua potable y alcantarillado de San Rafael (ECAPASR) fue importante para realizar la toma de muestras de agua de las doce fuentes hídricas identificadas en las comunidades de: Huaycopungo Grande, Cuatro esquinas, Tocagón, Cachimuel, San Miguel alto y Mariscal.

Para la toma de muestras (Figura 3.4) se utilizó botellas de plástico de 1 litro sumergiendo el envase a una profundidad de 20 cm., este proceso se realizó 3 veces siguiendo el trayecto de la fuente de agua se etiquetaron con información

de: nombre de la fuente de agua, número de muestreo y persona responsable para ser llevada al Laboratorio. Las muestras de agua se almacenaron en el cooler de espuma flex con hielo. El tiempo límite del análisis fue no mayor a 30 horas.



**Figura 3. 4. Toma muestras de agua:**  
a) Llenado del frasco, b) Sellado del frasco, c) Etiquetado del frasco, d) Frasco guardado en el cooler.  
Elaboración: La autora

Los parámetros de calidad del agua se establecieron de acuerdo a las normas de calidad del agua para consumo humano: Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 1108:2010) según el Ministerio de Salud Pública, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, según el Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental (TULSMA), del Libro VI, Anexo 1. El análisis de las muestras de agua fue realizado en el Laboratorio de la Escuela Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra. En el Cuadro 3.10 se detallan los parámetros que se evaluaron en cada una de las muestras de agua.

**Cuadro 3. 10. Parámetros calculados en el Laboratorio (ECAA)**

<b>Propiedades</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad de medida</b>
ORGANOLÉPTICAS	Color	N/A
	Olor	N/A
	Material Particulado	N/A
FÍSICAS	Ph	N/A
	Conductividad Eléctrica (CE)	us/cm
	Turbidez	NTU
	Color	UC
	Temperatura	°C
	Densidad	g/mL
	Sólidos Totales Disueltos	mg/L
	Sólidos Volátiles Totales (SVT)	mg/L
Sólidos Fijos Totales (SFT)	mg/L	
QUÍMICAS	Hierro Total	Ppm
	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	Ppm
	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	Ppm
	Cobre	Ppm
	Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	Ppm
	Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L
	Nitritos (NO <sub>2</sub> )	mg/L
	Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L
	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>
	Dureza Cálcica	mg/L Ca
	Dureza Magnésica	mg/L Mg
	Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>
MICROBIOLÓGICAS	<i>Escherichia coli</i>	UFC/mL
	Coliformes Totales	UFC/mL

N/A: No Aplica Fuente: INEN 1108:2010, TULSMA

Los métodos aplicados para medir cada parámetro de las muestras de agua se realizaron según el Cuadro 3.11.

**Cuadro 3. 11. Métodos de Laboratorio**

<b>Determinación de</b>	<b>Método</b>
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductímetro
Densidad, Sólidos	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico
Color	Colorimétrico
Cationes, aniones	Fotométrico
Dureza, Alcalinidad	Volumétrico

Fuente: Laboratorio ECAA

### 3.2.10. Medición de caudales

La medición de los caudales de las fuentes de agua se ejecutó utilizando del método del balde volumétrico expuesto por Saquicela & Velepucha, 2003, utilizado para medir caudales pequeños (Figura 3.5) se midió el tiempo que la corriente tarda en llenar un balde de 10 litros, realizando tres repeticiones para obtener una mayor precisión en las mediciones de los caudales.



**Figura 3. 5. Medición del caudal:**  
**a) Método volumétrico , b) Tiempo de llenado del balde,**  
**Elaboración: La autora**

Este aforo se efectuó durante la época seca y a finales de la época lluviosa, empleando la siguiente fórmula:  $Q \left( \frac{m^3}{seg} \right) = \frac{v l}{t_s}$ , descrita por UNAD, 2003. En dónde: Q = Caudal, L/s, V = Volumen, L, t = Tiempo, s. Para medir caudales grandes se utilizó el método del flotador (Figura 3.6), cuya fórmula es  $Q = A * v$ , dónde Q= caudal, A=área, v=velocidad. Utilizando una pelota de pin pon y una sección del río de 10 metros de largo se midió tres veces el tiempo que la pelota tarda en recorrer dicha distancia este procedimiento sirvió para conocer la velocidad del río igual a:  $v = d/t$ , dónde v = velocidad, d=distancia y t=tiempo.

El área del río se calculó midiendo el ancho del río y la profundidad promedio del mismo (Figura 3.6), el área es igual a:  $A = a * p$  dónde A=área, a=ancho y p=profundidad promedio, luego se reemplazó estos valores con la fórmula del caudal (Q) (Perea, 2004).



**Figura 3. 6. Medición del caudal de la fuente de agua Jatunpugyo.  
Elaboración. La autora**

Los resultados se compararon con la información secundaria del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de San Rafael, Cevallos, 2011, información recopilada de las Juntas de Agua de San Rafael de la Laguna en donde se registró mediciones de los caudales de las fuentes de agua.

### **3.2.10.1 Análisis estadístico utilizando la t pareada para determinar la diferencia de caudales**

Para determinar la diferencia de caudales se realizó el análisis estadístico de la t pareada que es un método utilizado para aparear unidades experimentales de los tratamientos en condiciones similares, empleando el mayor número de pares posibles y luego estudiar las desigualdades entre los pares, Ramos, 2012.

Ecuación t pareada utilizada para realizar el análisis estadístico:

$$T_p = \frac{\bar{x}_{di}}{\sqrt{\frac{\sum di^2 - (\sum di)^2/n}{n(n-1)}}}$$

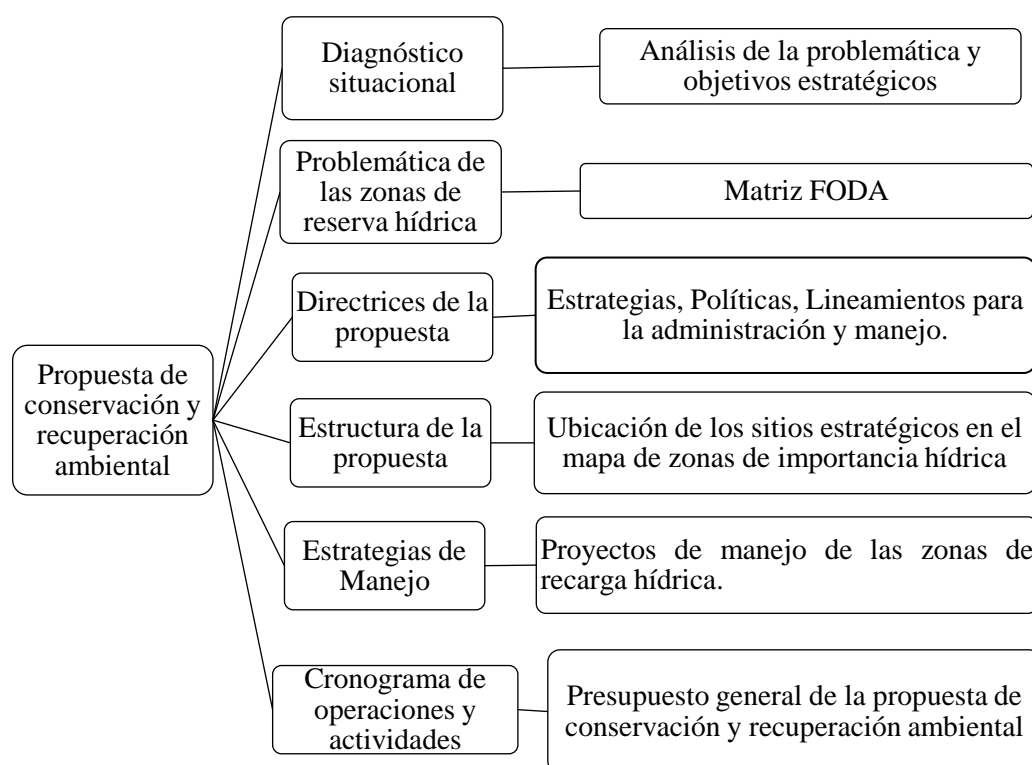
Esta ecuación se utiliza para comparar los resultados de los caudales medidos en época seca y lluviosa de las fuentes de agua del área de reserva hídrica.

### **3.2.12. Propuesta de Conservación y Recuperación de las Reservas Hídricas**

Para hacer una propuesta de conservación y recuperación de las reservas hídricas se utilizó información secundaria: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

(PDOT) de San Rafael de la Laguna (Cevallos, 2011), Plan de Manejo y Desarrollo de la zona de Mojanda, (Ecociencia, 2008), Plan de Desarrollo Turístico Integral de la parroquia San Rafael de la Laguna. (GAD de San Rafael, 2011), que fue comparada con la información obtenida de los talleres, entrevistas dirigidos a los actores claves de San Rafael de la Laguna (Cuadro 3.12).

**Cuadro 3. 12. Proceso de la propuesta de conservación y recuperación ambiental.**



**Fuente: Rosero & Cuamacas**  
**Elaborado por: la autora**

La propuesta de conservación y recuperación ambiental detallada en el Cuadro 3.12 se desarrolló mediante un breve análisis de la problemática encontrada en cada fuente de agua y su área de localización, posteriormente con la información obtenida mediante salidas de campo y utilizando la información secundaria proporcionada por los dirigentes del Gad de San Rafael de la Laguna se formuló la Matriz FODA para obtener mediante el cruce de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas los posibles caminos estratégicos y determinar su

cumplimiento con las Políticas y Lineamientos del Plan Nacional de Buen Vivir 2013-2017.

Luego mediante la participación de todos los actores claves vinculados en la gestión del agua para consumo humano como: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR” se realizará un taller para identificar los posibles proyectos a desarrollarse en las fuentes de agua y sus zonas de recarga hídrica que serán priorizados de acuerdo al criterio de los participantes seleccionándolos y agrupándolos de acuerdo al plazo de cumplimiento y su nivel de importancia.

Para realizar la estructura de la propuesta se procedió a situar los seis caminos estratégicos en el mapa de zonas de importancia hídrica ejecutando un diagnóstico de cada una de las áreas de recarga hídrica identificando sus estrategias, proyectos, cronograma de operaciones y actividades para determinar el presupuesto general de la propuesta de conservación y recuperación ambiental.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados y discusión alcanzados determinan el estado actual de las zonas de recarga hídrica, además evalúa la calidad y cantidad de las fuentes hídricas para establecer acciones de buenas prácticas ambientales dentro de la zona de conservación y recuperación.

#### **4.1. UBICACIÓN DE LAS FUENTES HÍDRICAS**

Realizando un taller con los todos los actores claves vinculados en la gestión del agua para consumo humano como: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR”. Se determinó 19 fuentes hídricas (Anexo3, Cuadro1) de las cuales se priorizó 12 fuentes hídricas de acuerdo al aporte del caudal y las que necesitan mayor intervención.

Las fuentes de agua están situadas en la parte alta del páramo de Mojanda y en las orillas del lago San Pablo, una fuente de captación dirigida por la Empresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael (ECAPASR) situada en la comunidad Mariscal, parroquia Gonzales Suarez (Anexo1, Mapa1), localizadas en coordenadas UTM (WGS 84), Zona 17 S (Cuadro 4.1).



**Cuadro 4. 1. Ubicación de las fuentes de agua**

Parroquia	Comunidad	Fuentes hídricas	Coordenadas UTM		Altitud msnm.
			X	Y	
San Rafael de la Laguna	Huaycopungo Grande	Pushipugyo 1	809793	10021140	2695
		Alisopugyo	809915	10020896	2698
	Cuatro Esquinas	Pushipugyo 2	808602	10021852	2700
		Jatunpugyo	808736	10021852	2701
	Tocagón	Turupamba	806737	10016014	3697
		Yanajakcha	807507	10016479	3639
		Jucusiuco	808579	10017257	3149
	Cachimuel	Piaura	806633	10018148	3357
		Alpachaca	806735	10018379	3388
	San Miguel Alto	Torouco	805620	10017832	3520
Pogyorodio		806091	10018980	3349	
Gonzales Suárez	Mariscal	Cocobantsig	811282	10018032	2810

Elaboración: La autora

#### **4.1.1. Delimitación del área de reserva hídrica**

Para delimitar el área de reserva hídrica en donde se sitúan las fuentes de agua se utilizó la capa de unidades hidrográficas del Ecuador, nivel 5, escala 1:50 000, disponible en la página del SENAGUA, 2014, se puede decir que el área de estudio se ubica en: Región Hidrográfica 1, Unidad Hidrográfica 15, Cuenca del río Mira, Cuenca del río Ambí y Cuenca hidrográfica Imbakucha del Lago San Pablo.

Utilizando la información de la Cuenca hidrográfica Imbakucha del Lago San Pablo y el manual de procedimientos de delimitación y codificación de unidades hidrográficas, UICN Sur, 2009, se define el área de reserva hídrica de las fuentes de agua consiguiendo delimitar 10 Unidades hidrográficas codificadas en cuatro microcuencas con dígitos pares, cinco intermicrocuencas con dígitos impares y la microcuenca interna con el dígito cero, según se indica en el Cuadro 4.2.

**Cuadro 4. 2: Delimitación y codificación de la unidad hidrográfica nivel 6**

<b>Nivel 6</b>	
<b>Unidad Hidrográfica</b>	<b>Códigos</b>
Microcuenca	154892
Microcuenca	154894
Microcuenca	154896
Microcuenca	154898
Intermicrocuenca	154891
Intermicrocuenca	154893
Intermicrocuenca	154895
Intermicrocuenca	154897
Intermicrocuenca	154899
Microcuenca interna	154890

**Fuente: UICN Sur, 2009,**  
**Elaboración: La autora.**

Las Unidades Hidrográficas que intervienen en el área de reserva hídrica y sus fuentes de agua identificadas en la cuenca Imbakucha (Lago San Pablo) pertenecen al código 154890 del tipo microcuenca interna y 154894 del tipo microcuenca (Anexo 1, Mapa 3), indicado en el Cuadro 4.3.

**Cuadro 4. 3: Área de reserva hídrica**

<b>Unidades Hidrográficas nivel 6</b>	<b>Fuentes de agua</b>	<b>Área (ha)</b>
154890	Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo, Pogyorodio, Torouco, Piaura, Alpachaca, Jucsiuco, Yanajakcha y Turupamba.	3522,89
154894	Cocobantsig	2320,42
<b>Zona de reserva hídrica total</b>		<b>5843,41 ha</b>

**Fuente: Mapa Hidrológico, IGM, 2014**  
**Elaboración: La autora**

#### **4.1.2. Hidrología del área de reserva hídrica**

En la Unidad Hidrográfica 154890 del tipo microcuenca interna se encuentra el Río Jatunyacu y sus ocho afluentes mientras que en la unidad hidrográfica 154894 del tipo microcuenca se encuentran seis afluentes, indicado en el Cuadro 4.4.

**Cuadro 4. 4. Río y quebradas del área de reserva hídrica**

<b>Unidad Hidrográfica</b>	<b>Río y quebradas</b>	<b>Tipo</b>	<b>Longitud (km)</b>
154890	Río Jatunyacu	Perenne	8,73
	Quebrada Pibarinshe	Intermitente	4,63
	Quebrada Guajindro	Intermitente	4,8
	Quebrada Anguaya	Intermitente	6,01
	Quebrada San Miguel	Intermitente	4,61
	Quebrada Tupitze	Intermitente	9,7
	Quebrada Cachimuel	Intermitente	1,05
	Quebrada Santo Domingo	Intermitente	6,64
	Quebrada Caluquí	Intermitente	5,34
154894	Quebrada San Agustín	Perenne	10,58
	Quebrada Santo Tomás	Intermitente	1,73
	Quebrada Ñañoloma	Intermitente	2,3
	Quebrada Catuhuaycu	Intermitente	1,82
	Quebrada Condorjaca	Intermitente	5,36
	Quebrada Cucubance	Intermitente	5,93

**Fuente: Mapa Hidrológico, IGM, 2014**

**Elaboración: La autora**

Referente a lo expuesto en el Cuadro 4.4., la hidrología del área de reserva hídrica está compuesta por el río Jatunyacu ubicado al Sureste de la ciudad de Otavalo, contribuye con caudal de 1500 l/s, es una de las fuentes de agua de mayor aporte y principal afluente del río Itambí que mantiene al lago San Pablo, paralelamente y en el trayecto de este río se encuentra la quebrada San Agustín que da origen a la fuente subterránea Cocobantsig captada y recolectada en cajas de revisión que abastece de agua para consumo humano a las comunidades de San Rafael y González Suárez, Ecociencia, 2008, Mapa Hidrológico (Anexo1, Mapa 4).

#### **4.2. IDENTIFICACIÓN CARTOGRÁFICA DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA**

En la zona de reserva hídrica se analizó los mapas de: pendientes, tipo de suelo, geológico, cobertura vegetal y uso de suelo, mediante la ponderación de 1 a 6, siendo el 1 como la posibilidad de recarga baja hasta el 6 como posibilidad de recarga alta según Mattus, 2007.

#### 4.2.1. Pendientes en la zona de reserva hídrica

En la zona de reserva hídrica predominan los relieves: Montañoso, ondulado, plano, muy montañoso, ligeramente ondulado, escarpado indicado en Cuadro 4.5.

**Cuadro 4. 5. Pendientes**

Fuentes hídricas	Pendiente	Relieve	Ponderación	Área (ha)	Porcentaje %
Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo, Jucsiuco	0-5%	Plano	6	953,3	16,32
	5-12%	ligeramente ondulado	5	592,85	10,15
Cocobantsig	12-25%	Ondulado	4	1154,18	19,76
Torouco, Piaura, Alpachaca, Turupamba	25-50%	Montañoso	3	243,52	34,99
Pogyorodio, Yanajakcha	50-70%	Muy montañoso	2	787,84	13,49
	>70%	Escarpado	1	307,87	5,27
Total				5843,41	100

**Fuente: Mapa de pendientes, IGM, 2014**

**Elaborado: La autora**

En el mapa de pendientes de la zona de reserva hídrica (Anexo1, Mapa5) se puede observar los relieves de:

**Relieve montañoso:** Representado por una pendiente de 25 a 50% que predomina en casi toda el área de reserva hídrica en donde se encuentran las fuentes hídricas: Torouco, Piaura, Alpachaca, Turupamba ubicadas en la parte alta, ocupa un área de 243,52 ha correspondiente al 34,99% de total.

**Relieve ondulado:** Perteneciente a la pendiente de 12 hasta 25% se encuentra en la parte media de la zona de reserva hídrica ocupa una superficie de 1154,18 ha que corresponde al 19,76% del total del área, representada por la fuente de captación Cocobantsig.

**Relieve plano:** Este tipo de relieve se localiza en la parte baja constituida por una pendiente de 0 a 5% en donde se ubican las fuentes hídricas: Pushipugyo1,

Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo y Jucsiuco, abarca un área de 953,3 ha correspondiente al 16,32% con relación al área total.

Relieve muy montañoso: Tiene una pendiente que va desde 50 hasta 70%, ocupada por las fuentes hídricas: Pogyorodio y Yanajakcha, comprende una superficie de 787,84 ha equivalente al 13,49% del total del área.

Relieve ligeramente ondulado: Se encuentra en la parte baja de la zona de reserva hídrica corresponde al tipo de pendiente que va desde 5 hasta 12% con una superficie de 592,85 igual al 20,15% del área total.

Relieve escarpado: Correspondiente a una pendiente mayor al 70% que ocupa una superficie de 307,87 ha igual al 5,27% del área total.

#### 4.2.2. Tipo de suelo en la zona de reserva hídrica

En la zona de reserva hídrica se encuentra el tipo de suelo correspondiente al orden Mollisol, suborden Udoll y el orden Inceptisol, suborden Andept descritos según Salazar (2010) e indicado en el Cuadro 4.6.

**Cuadro 4. 6. Tipos de suelo**

<b>Fuentes hídricas</b>	<b>Orden</b>	<b>Suborden</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje %</b>
Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo, Pogyorodio, Piaura, Alpachaca, Cocobantsig, Jucsiuco,	Mollisol	Udoll	5	3748,45	64,26
Torouco, Yanajakcha, Turupamba	Inceptisol	Andept	4	2041,48	35
	Entisol	Orthent	3	43,56	0,75
<b>Total</b>				<b>5843,41</b>	<b>100</b>

**Fuente: Mapa de suelos, MAGAP, 2003**

**Elaboración: La autora**

Entre los tipos de suelo (Anexo 1, Mapa 6) presentes en la zona de reserva hídrica están:

Orden Mollisol, suborden Udoll: Son suelos de color parduzco oscuro, formados de cenizas volcánicas recientes, suaves y permeables, con texturas arcillo arenosas o limosas con gravas y piedras. Predomina en la parte baja y media de la zona de reserva hídrica se ubican las fuentes hídricas: Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo, Pogyorodio, Piaura, Alpachaca, Cocobantsig, Jucsiuco, con área de 3748,45 ha igual al 64,26% del total del área.

Orden Inceptisol, suborden Andept: son profundos, de color muy oscuros en las zonas frías, presentan texturas medias franco limoso, alto contenido de materia orgánica, pobres en nitrógeno y fósforo. Se manifiestan en la parte baja y alta representadas por las fuentes hídricas: Torouco, Yanajakcha, Turupamba abarcan un área de 2041,48 ha, correspondiente al 35% del total del área.

#### **4.2.3. Geología del suelo en la zona de reserva hídrica**

La geología más representativa del área de reserva hídrica corresponde a: cangahua (Qc), Volcánicos de Mojanda (PMo) formada por andesitas y brechas, seguida por depósitos lagunares (DI), compuesta por cenizas con piroclastos de pómez, Volcánicos del Cusín (PCu), Depósito coluvial (Dc), Depósito aluvial (Da) y Lago San Pablo, expuestas en el Cuadro 4.7.

**Cuadro 4. 7.Geología del suelo**

<b>Fuentes hídricas</b>	<b>Litología</b>	<b>Simbología</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje %</b>
	Lago San Pablo	Lago	6	9,72	0,17
Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo	Depósito Lagunar	DI	5	602,42	10,32
	Depósito coluvial	Dc	5	77,38	1,33
	Depósito aluvial	Da	5	38,01	0,65
Pogyorodio, Torouco, Piaura, Alpachaca, Yanajakcha, Turupamba	Volcánicos de Mojanda	PMo	4	1896,2	32,47
	Volcánicos del Cusín	PCu	4	160,77	2,75
Cocobantsig, Jucusiuco,	Cangahua	Qc	3	3055,06	52,32
<b>Total</b>				5843,41	100

**Fuente: Mapa Geológico, MAGAP, 2003**

Las formaciones geológicas identificadas en la zona de reserva hídrica (Anexo 1, Mapa 7) son:

Depósito Lagunar (DI): constituido por limos y arenas con presencia de cantos de roca volcánica. Localizado en la parte baja en donde se encuentran las fuentes hídricas: Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo extendiéndose 602,42 ha igual al 10,32% con relación al total del área.

Depósito Coluvial (Dc): formado de arena, cangagua y rocas volcánicas de tamaño variable se encuentran sobre las zonas bajas del Volcán Imbabura, ocupa una superficie de 77,38 ha equivalente al 1,33% del total del área.

Depósito Aluvial (Da): Estos depósitos se sitúan en los márgenes de los ríos representa una superficie de 38,01 ha correspondiente 0,65% del área total.

Volcánicos de Mojanda (PMo): compuestos de lavas y brechas volcánicas, Morales, 2011. Esta formación geológica se encuentra en la parte alta ocupando 1896,2 ha igual al 32,47% del total del área en donde se ubican las fuentes hídricas de: Pogorodio, Torouco, Piaura, Alpachaca, Yanajakcha y Turupamba.

Volcánicos del Cusín (PCu): su formación se debe a erupciones depositadas cerca de los cauces de los ríos y quebradas. Está constituida por clastos de andesita de color gris violáceo, con matriz arenosa, tobas y arena de color amarillento y brechas volcánicas. Constituye 160,77 ha correspondiente al 2,75% de la superficie total

Cangahua (Qc): formado por depósitos de toba volcánica y cenizas, de un espesor uniforme. En la base de estos depósitos se encuentran piroclastos de piedra pómez. Se encuentra en la parte media ocupando un área de 3055,06 has igual al 52,32% en donde se localizan las fuentes hídricas: Cocobantsig y Jucsiuco.

#### **4.2.4. Cobertura vegetal y uso del suelo en la zona de reserva hídrica**

En el área de reserva hídrica la mayor cobertura y uso del suelo se observa en los cultivos de cereal, maíz, cebada seguida por páramos, vegetación arbustiva, pastos cultivados, área erosionada, urbana y en menor extensión el humedal según se indica en el Cuadro 4.8.



**Cuadro 4. 8. Clasificación de la cobertura vegetal y uso del suelo**

Fuentes Hídricas	Cobertura vegetal	Ponderación	Uso del suelo	Ponderación	Área (ha)	Porcentaje %
Alisopugyo, Cocobantsig	30	2	30% Cultivos de ciclo corto	3	2276,1	38,9
Torouco, Piaura, Alpachaca, Yanajakcha, Turupamba	100	6	100% Páramo	6	1099,69	18,83
Jucsiuco, Pogyorodio	70	4	70% Vegetación arbustiva	5	929,39	15,91
s/f	70	4	70% Pastos cultivados	3	818,43	14,02
s/f	100	6	100% Áreas urbanas y en proceso de erosión	2	226,36	3,88
Pushipugyo1 Pushipugyo2 Jatunpugyo	100	6	100% Humedal	6	147,63	2,53

Fuente: Mapa de cobertura y uso del suelo MAGAP, 2003

El uso del suelo y la cobertura vegetal (Anexo1, Mapa8) que predomina en la zona de reserva hídrica es cultivos de ciclo corto como: cereal, maíz, cebada presentes en las fuentes hídricas de: Alisopugyo y Cocobantsig abarcando una extensión de 2276,1 ha igual al 38,97%, seguido del páramo que ocupa un área de: 1099,69 ha igual al 18,83% en donde están las fuentes hídricas de: Torouco, Piaura, Alpachaca, Yanajakcha, Turupamba, vegetación arbustiva que ocupa una superficie de 929,39 ha igual al 15,91% en donde se asientan las fuentes de agua de: Jucsiuco y Pogyorodio, pastos cultivados que ocupan un área de 818,43 ha igual al 14,02%, las áreas erosionadas y urbanas están en una área de 226,36 ha correspondiente al 3,88% y en menor proporción el humedal abarcando 147,63 ha igual al 2,53% en donde están las fuentes de agua de: Pushipugyo1, Pushipugyo2, Jatunpugyo, esto con relación al área total.

#### 4.2.5. Determinación de zonas de recarga hídrica

Mediante interpolación de las unidades de mapeo de: pendiente, tipo de suelo, geología, cobertura vegetal y uso del suelo, se determinó el potencial de zonas de recarga hídrica, reemplazando las ponderaciones de cada parámetro biofísico en la ecuación de:  $ZR=[0,27(Pend) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$  se determinó las zonas de recarga hídrica según se muestra en el Cuadro 4.9.

**Cuadro 4. 9. Zonas de recarga hídrica**

<b>Fuentes hídricas</b>	<b>Pendiente (Pend)</b>	<b>Suelo (Ts)</b>	<b>Rocas (Tr)</b>	<b>Cobertura Vegetal (Cve)</b>	<b>Uso del suelo (Us)</b>	<b>Zona de recarga (Zr)</b>
Pushipugyo1, Pushipugyo2, Jatunpugyo	6	5	5	6	6	5,15
Alisopugyo	6	5	5	2	3	4,0
Pogyorodio	2	5	4	4	5	3,32
Torouco	3	4	4	6	6	4,49
Piaura, Alpachaca	3	5	4	6	6	4,72
Cocobantsig	4	5	3	2	3	4,11
Jucsiuco,	6	5	3	4	5	3,89
Yanajakcha,	2	4	4	6	6	4,09
Turupamba	3	4	3	6	6	4,24

**Fuente: Oscar Mattus, 2007**

**Elaborado: La autora**

Los datos obtenidos de la zona de recarga hídrica fueron interpretados de acuerdo a los rangos del potencial de recarga hídrica descritos en el Cuadro 3. 4 según el modelo propuesto de Oscar Mattus determinando la posibilidad de recarga de la zona de reserva hídrica detallado en el Cuadro 4.10.

**Cuadro 4. 10. Posibilidad de recarga del área reserva hídrica**

<b>Fuentes hídricas</b>	<b>Posibilidad de recarga</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Pushipugyo1, Pushipugyo2, Jatunpugyo	Muy alta	219,33	3,76
Turupamba, Torouco, Piaura, Alpachaca	Alta	1731,29	29,66
Alisopugyo, Pogyorodio, Cocobantsig, Jucsiuco, Yanajakcha	Media	2194,59	37,59
	Moderada	1395,37	23,9
	Baja	284,77	4,88
	Muy baja	12,63	0,22
Total		5843,41	100

**Fuente: Mattus, 2007**

**Elaborado: La autora**

El método empleado para determinar las zonas de recarga hídrica expuesto por Matus, 1999, reveló que existe media posibilidad de recarga hídrica localizada en las fuentes de agua de: Alisopugyo, Pogyorodio, Cocobantsig, Jucsiuco, Yanajakcha, seguido de alta posibilidad de recarga hídrica encontrada en las fuentes de agua de: Turupamba, Torouco, Piaura, Alpachaca y muy alta recarga hídrica en las fuentes de agua de: Pushipugyo1, Pushipugyo2 y Jatunpugyo y tres posibilidades de moderada, baja y muy baja recarga hídrica.

A partir de estos resultados y según estudios realizados en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua se puede decir que los aspectos biofísicos que presenten las siguientes características: pendiente suave, suelo permeable, roca porosa, buena cobertura vegetal, usos del suelo con prácticas que favorecen la infiltración son óptimos para la mayor posibilidad de recarga hídrica, Mattus *et al*, 2007.

### **4.3. DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DE LAS ÁREAS DE RESERVA HÍDRICAS IDENTIFICADAS**

El taller de diagnóstico participativo de las áreas de recarga hídrica identificadas se realizó mediante lluvia de ideas identificando los problemas en cada una de las fuentes hídricas contando con el apoyo técnico de la Subdirección de Gestión Ambiental de la Prefectura de Imbabura y los actores claves: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs),

presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR” y algunos miembros de las comunidades (Cuadro 4.11) vinculados en la gestión del agua.

**Cuadro 4. 11. Actores claves participantes en la gestión del agua**

<b>Actores claves participantes</b>	<b>Actividad que realizan</b>
Prefectura de Imbabura, Subdirección de Gestión Ambiental.	Mediante el “Proyecto de Protección Física y Biológica de Fuentes de Agua en los cantones: Otavalo, Ibarra y Pimampiro, ejecutado con el apoyo del programa mundial de alimentos”, se realiza la apertura y mantenimiento de caminos cortafuegos, dotación de postes de cemento y plantas nativas que está favoreciendo la conservación de las vertientes con el apoyo de los cabildos comunitarios.
Dirigentes del GAD de San Rafael de la Laguna	Apoyo a satisfacer las necesidades básicas insatisfechas.
Junta administradora de agua para consumo humano Huaycopungo, Tocagón, Cachimuel, San Miguel alto	Administración del sistema de agua de consumo humano.
Empresa comunitaria de agua potable y alcantarillado de San Rafael-ECAPASR	Administración del sistema de agua de consumo humano y de alcantarillado.
Cabildos comunitarios	Fortalecimiento organizativo y de gestión para el desarrollo comunitario.
Comunidades de la parroquia	Observar cambios relacionados al estado de conservación de las fuentes de agua.




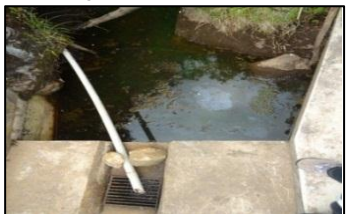

**Fuente: GAD de San Rafael, 2011**

**Elaboración: La autora**

Los problemas presentes de cada una de las fuentes hídricas y sus posibles soluciones se detallan en la matriz de identificación de problemas (Cuadro 4.12)

**Cuadro 4. 12. Matriz de problemas de las fuentes hídricas identificadas**

Diagnóstico de problemas del sistema de fuentes de agua para consumo humano del GAD de San Rafael de la Laguna				
Comunidad:	Fuente de agua Pushipugyo 1	Problema identificado: Agua utilizada en la Lavandería, Presencia de sedimentos orgánicos, Falta de limpieza de la vertiente Se realiza rituales de luna de miel	Fuente de agua Alisopugyo	Problema identificado: Agua utilizada para usos domésticos. Acumulación del suelo Presencia de matorrales
Huaycopungo Grande		Posibles Soluciones: Realizar protección física, hervir el agua antes de su consumo.		Posibles Soluciones: Realizar limpieza de la fuente, Conservar el lechugín ( <i>Eichhornia capensis</i> ). Colocar protección física
	Ubicación x: 809793 y: 10021140 Altitud: 2695		Ubicación x: 809915 y: 10020896 Altitud: 2698	
Cuatro Esquinas	Fuente de agua Pushipugyo 2	Problema identificado: La naciente del agua esta tapada por sedimentos de suelo debido a la escorrentía que ocurre época lluviosa.	Fuente de agua Jatunpugyo	Problema identificado: Agua utilizada en la lavandería, desagüe chochos
		Posibles Soluciones: Realizar la protección física de la fuente y ejecutar proyecto para manejar el lechugín ( <i>Eichhornia capensis</i> ).		Posibles Soluciones: Aprovechar el caudal de la fuente de agua para desarrollar un proyecto de manejo sustentable de la trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )
Mariscal	Fuente de captación Cocobantsig	Problema identificado: El agua esta entubada sin ser potabilizada, área deforestada, ingreso de ganado.		
		Posibles Soluciones: Realizar la protección biológica de la fuente de captación y distribución.		
	Ubicación x: 811282 y: 10018032 Altitud: 2810			

Tocagón	Fuente de agua Turupamba 	Problema identificado: Acumulación de hierbas y sedimentos.	Fuente de agua Yanajakcha 	Problema identificado: Presencia de materia orgánica en el agua	Fuente de agua Jucusiuco 	Problema identificado: Ingreso de ganado
	Ubicación x: 806737 y: 10016014 , Altitud: 3697	Posibles Soluciones: Limpieza y mantenimiento de la fuente de agua	Ubicación x: 807507 y: 10016479 , Altitud: 3639	Posibles Soluciones: Limpieza de la fuente de agua.	Ubicación x: 808579 y: 10017257, Altitud: 3149	Posibles Soluciones: Protección física de la fuente de agua y reforestación.
Cachimuel	Fuente de agua Piaura 	Problema identificado: Presencia de ganado alrededor de la fuente de agua	Fuente de agua Alpachaca 	Problema identificado: Presencia de materia orgánica en descomposición, algas y restos de hojas secas.		
	Ubicación x: 806633 y: 10018148 Altitud: 3357	Posibles Soluciones: Realizar la protección física de la fuente de agua y reparación de la tubería, reforestación.	Ubicación x: 806735 y: 10018379 Altitud: 3388	Posibles Soluciones: Realizar una limpieza mensual de la fuente de agua., reforestación		
San Miguel alto	Fuente de agua Torouco 	Problema identificado: Quema de pajonales, presencia de ganado.	Fuente de agua Pogyorodio 	Problema identificado: Fuga de agua de medio litro por seg, a 50 m abajo.		
	Ubicación x: 805620 y: 10017832 Altitud: 3520	Posibles Soluciones: Colocar la protección física de la fuente de agua y realizar limpieza mensual.	Ubicación x: 806091 y: 10018980 Altitud: 3349	Posibles Soluciones: Mantenimiento y reparación de la tubería, reforestación.		

Fuente: Actores claves del GAD de San Rafael de la Laguna, 2014

Elaboración: La autora

Los problemas identificados en el Cuadro 4.12 revelan que las fuentes de agua de: Alisopugyo, Pushipugyo1, Pushipugyo2 y Jatunpugyo necesitan un manejo de las actividades antropogénicas que afectan la calidad del agua, en las fuentes de: Jucsiuco, Piaura, Alpachaca, Pogyorodio y Cocobantsig se debe reforestar con especies nativas que favorezcan la capacidad de recarga subterránea y en las fuentes de agua de: Turupamba, Yanajakcha y Torouco se debe realizar la conservación y protección.

Mediante la participación de los actores claves: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR” de la parroquia San Rafael de la Laguna se obtuvieron los problemas presentes en las fuentes de agua anotados en la Matriz de priorización ponderadas de acuerdo a criterios de: frecuencia, importancia y factibilidad, analizados según se muestra en el Cuadro 4.13.

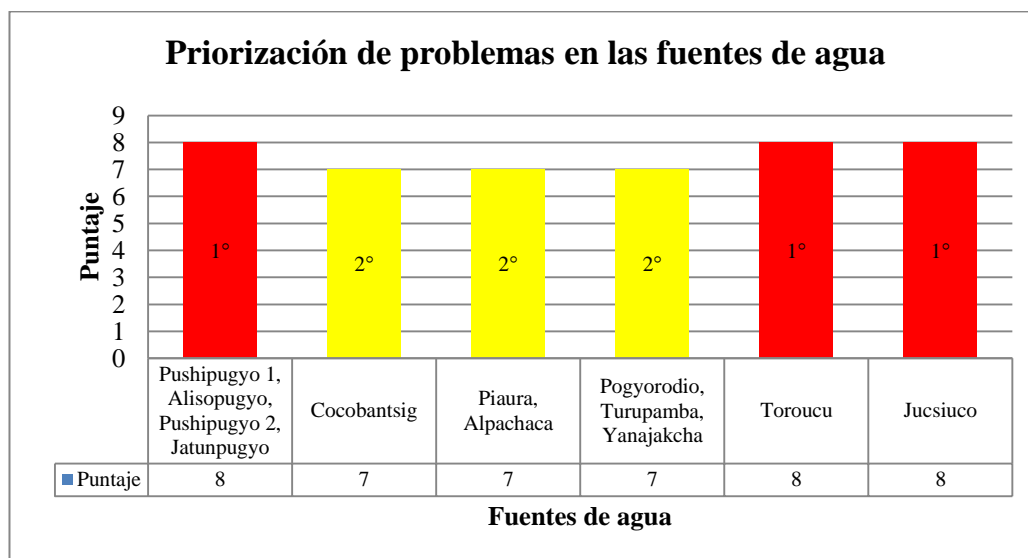
**Cuadro 4. 13. Matriz de priorización de problemas**

<b>Fuentes hídricas</b>	<b>Problemas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Importancia</b>	<b>Factibilidad</b>	<b>Puntaje</b>
Pushipugyo 1 Alisopugyo Pushipugyo 2 Jatunpugyo	Inadecuado manejo de las actividades antropogénicas que afectan la calidad de las fuentes de agua.	3	3	2	8
Cocobantsig	Área deforestada y realización prácticas agrícolas	2	3	2	7
Piaura Alpachaca	Pastoreo de ganado realizadas cerca de la zona de recarga y fuentes de agua	3	2	2	7
Pogyorodio Turupamba Yanajakcha	Insuficiente mantenimiento de las fuentes de agua	3	2	2	7
Toroucu	Quema de pajonales y presencia de ganado.	2	3	3	8
Jucsiuco	Ingreso de ganado y ejecución de prácticas agrícolas	3	3	2	8

**Fuente: Navatornel, 2014**

**Elaborado: La autora**

Los problemas que presentan mayor puntaje y sobre las cuales se debe actuar primero para mejorar su estado se muestran en la Figura 4.1.



**Figura 4. 1. Priorización de problemas en las fuentes hídricas**  
**Fuente: Navatornel, 2014**  
**Elaboración: La autora**

En la Figura 4.1 se indica que las prácticas antropogénicas realizadas en las fuentes de agua de: Pushipugyo 1, Alisopugyo, Pushipugyo 2, Jatunpugyo, Toroucu y Jucusiuco necesitan atención de primera prioridad mientras que las prácticas agrícolas y pecuarias desarrolladas en las fuente de agua de: Piaura, Alpachaca, Pogyorodio, Turupamba, Yanajakcha y Cocobantsig requieren atención de segunda prioridad estas actividades están afectando su estado de conservación.

De acuerdo al estudio realizado en el Plan de Desarrollo Turístico Integral de la Parroquia San Rafael de la Laguna, 2013, según el diagnóstico de sus comunidades se puedo conocer más acerca del estado actual de sus vertientes logrando comparar la información secundaria y la obtenida en la fase de campo se encontró la permanencia de algunos problemas a pesar del tiempo transcurrido.



#### 4.3.1. Caracterización flora

Utilizando el registro de las listas de chequeo (Anexo 2, Fichas) se determinó la flora presente en la parte baja, media y alta tomando como referencia la Guía de plantas de la Reserva ecológica el Ángel, Chimbolema & otros, 2013.

En la parte baja se encuentran árboles esparcidos alrededor de la zona urbana y vegetación herbazal localizada cerca del humedal del Lago San Pablo, ubicados a una altura de 2695 hasta 2701 msnm., en las comunidades de Huaycopungo grande, 4 Esquinas y Cachiviro. La flora representativa de la parte baja (Anexo 2, Cuadro 2) del área de estudio es: Totorá (*Schoenoplectus californicus*), Chilca (*Baccharis latifolia*), Lechero (*Euphorbia laurifolia*), Lenteja de agua (*Lemma minor*), Aliso (*Alnus acuminata*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

En la parte media se hallan pequeños remanentes de bosque plantado con una variedad de especies arbustivas y pajonal se extiende desde una altitud de 2810 hasta 3100 msnm, localizada entre las comunidades de Mariscal de la parroquia Gonzales Suarez y Tocagón de la parroquia San Rafael de la Laguna. Las especies de flora más representativa de la parte media (Anexo 2, Cuadro 2,3) es: Sacha capulí (*Vallea stipulares*), Yagual (*Polylepis incana Kunth*), Paja (*Calamagrostis sp*), Quishuar (*Buddleja incana*), Pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensis*), Laurel (*Ocotea sp*).

En la parte alta se determinan pajonales, vegetación herbácea y de almohadillas corresponde a altitud que va desde 3149 hasta 3697 msnm, se ubica entre las comunidades de: Tocagón, Cachimuel y San Miguel alto. La flora más representativa presente en la parte alta (Anexo 2, Cuadro 4) es: a) Sigse (*Cortaderia nítida*), b) Chuquiragua (*Chuquiraga jussieui*), c) Arete del inca (*Fuchsia lycioides*), d) Mortiño (*Hesperomeles heterophylla*), e) Orejuela (*Lachemilla orbiculata*), f) Almohadillas (*Xenophyllum humile*).

En la parte baja la vegetación cerca del lago San Pablo se compone de totorales y herbazales, mientras que la parte media está constituida por bosque natural y vegetación arbustiva con áreas cubiertas por cultivos, pastizales y bosques plantados, y en la parte alta está el páramo, arbustos y pantanos. Esta información obtenida en la fase de campo se sustentó revisando un estudio de cobertura vegetal del Plan de Manejo y Desarrollo de Mojanda en donde en el páramo se registró al pajonal, zonas con arbustos, pantanos seguido de una zona de transición de vegetación arbustiva, bosque natural y plantado seguido y el humedal.

#### **4.3.2. Caracterización fauna**

Las especies faunísticas que se encuentran en el área de estudio se determinaron mediante evaluación ecológica rápida registrada en listas de chequeo (Anexo 2, Fichas) y entrevistas las especies más representativas, Mena & Medina, 2000, se detalla a continuación:

Las especies faunísticas más representativas de la parte baja (Anexo 2, Cuadro 2) son: Gallareta andina (*Gallinula chloropus*), Pato silvestre (*Anas flavirostris*), Garceta bueyera (*Bubulcus ibis*), Garza blanca (*Egretta thula*), Pájaro rojo (*Pyrocephalus rubinus*), Huiracchuro (*Pheucticus chrysogaster*), Paloma (*Pheucticus chrysogaster*).

La fauna más representativa de la parte media (Anexo 2, Cuadro 2,3) es: Quilico (*Falco sparveius*), Mirlo negro (*Turdus infuscatus*), Colibrí (*Archilochus colubris*), Ratón topo (*Geoxus valdivianus*), Rana (*Pristimantis unistrigatus*).

En la parte alta la fauna más representativa (Anexo 2, Cuadro 4) es: Águila de Paramo (*Geranoaetus melanoleucus*), Mirlo negro (*Turdus infuscatus*), Colibrí (*Archilochus colubris*), Conejo (*Sylvilagus brasiliensis*), Lobo de Páramo (*Pseudalopex culpaeus*).

La determinación de fauna en el área de reserva hídrica de Mojanda identificó las siguientes especies faunísticas: Garceta bueyera (*Bubulcus ibis*), Mirlo negro (*Turdus infuscatus*) y Conejo (*Sylvilagus brasiliensis*). En base al estudio de fauna realizado en el Plan de Desarrollo Turístico Integral se logró determinar semejanzas de especies faunísticas encontradas en diferentes ecosistemas.

#### **4.3.3. Diagnóstico socio-económico**

En este componente se detallan los siguientes parámetros: Población, actividades económicas y servicios básicos.

**Población:** Las comunidades que intervienen en el área de reserva hídrica son: Tocagón, Capillapamba, Huaycopungo Grande, Cachiviro, Cuatro Esquinas, Cachimuel, Mushuk Ñan, San Miguel Alto, San Miguel Bajo y Mariscal.

**Economía:** Las actividades productivas que realiza la población es de: florícola, maíz, tomate de árbol, frutilla, totora, chochos, cebada, trigo y quinua, albañilería, artesanías y a la crianza del ganado.

**Servicios básicos:** La población tiene acceso a: agua, luz eléctrica y alcantarillado según el INEC, 2010 y PDOT San Rafael, 2011 tiene buena cobertura pero en cuanto a la calidad merece una atención urgente.

A través de los datos obtenidos del INEC, 2010 y PDOT San Rafael, 2011 se consiguió comparar los resultados encontrándose mayor productividad en la actividad florícola y necesitando una atención en cuanto a la calidad del agua.

#### 4.3.4. Caracterización meteorológica del área de reserva hídrica

Para determinar las épocas seca y lluviosa del área de reserva hídrica se utilizó la información de las estaciones meteorológicas de: San Rafael de la Lago (M0319) indicado en el Cuadro 4.14 y Otavalo (M105) detallado en el Cuadro 4.16, disponible en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), descritos respectivamente.

**Cuadro 4. 14. Estación Meteorológica San Rafael del Lago (M0319)**

Estación INAMHI	Nombre	UTM Este x	UTM Oeste y	Altitud	Período
M0319	San Rafael del Lago	807248,8	10022132,1	2790	1966-2006

**Fuente: INAMHI, 2006**

**Elaboración: La autora.**

Los datos climáticos de: temperatura y precipitación registrados durante el período de 1966 a 2006 de la Estación Meteorológica San Rafael del Lago (M0319), se indican en el Cuadro 4.15.

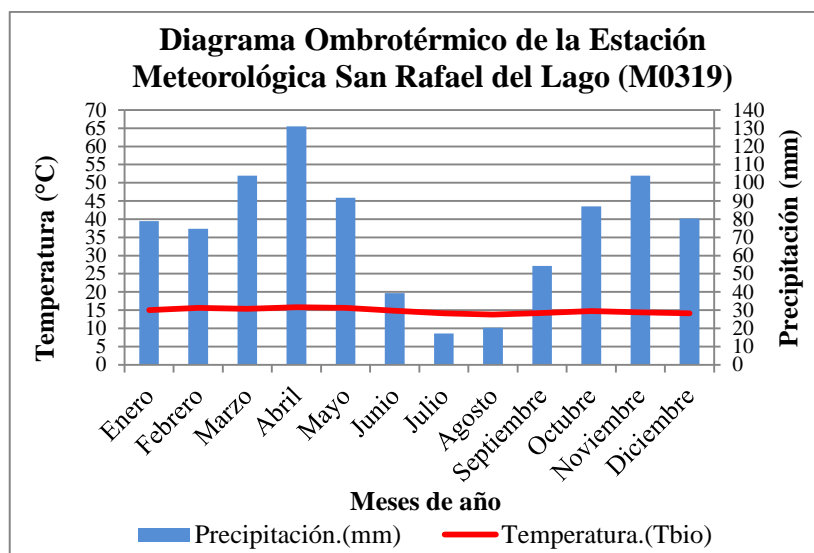
**Cuadro 4. 15. Datos climáticos de la estación meteorológica San Rafael del Lago (M0319).**

Mes	Temperatura.(Tbio)	Precipitación.(mm)
Enero	15	78,9
Febrero	15,6	74,7
Marzo	15,4	104
Abril	15,8	131
Mayo	15,6	91,7
Junio	14,8	39,4
Julio	14,1	17,1
Agosto	13,8	20,4
Septiembre	14,2	54,3
Octubre	14,7	87
Noviembre	14,4	104
Diciembre	14,1	80,4
Año		882,9
$\bar{x}$	14,8	73,6

**Fuente: INAMHI (2006) citado por Martínez, 2004**

**Elaborado por: La autora**

El diagrama ombrotérmico se elaboró con los datos de temperatura y precipitación según se muestra en la Figura 4.2.



**Figura 4. 2. Diagrama ombrotérmico de la estación San Rafael del Lago (M0319)**  
**Fuente: INAMHI, 2010**  
**Elaborado: La autora**

Los datos obtenidos del Cuadro 4.15 de precipitación anual de 882,2 mm y la temperatura promedio anual de 14,8 °C y utilizando el Cuadro de clasificación bioclimática la zona de estudio pertenece al clima Sub-húmedo Templado en donde normalmente debería haber de 4 a 6 meses secos, pero existe dos meses secos: Julio y Agosto, con 10 meses lluviosos desde Enero hasta Mayo y desde Septiembre hasta Diciembre. Según la clasificación de Pourrut, la zona en estudio pertenece a un clima: Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo, representando la más alta precipitación en abril con 131,3 mm. y el mes más seco es julio 17,1 mm.

**Cuadro 4. 16 . Estación Meteorológica Otavalo (M105)**

Estación INAMHI	Nombre	UTM Este x	UTM Oeste y	Altitud	Período
M105	Otavalo	806122	10026927	2790	1950-2010

**Fuente: INAMHI, 2010**  
**Elaboración: La autora**

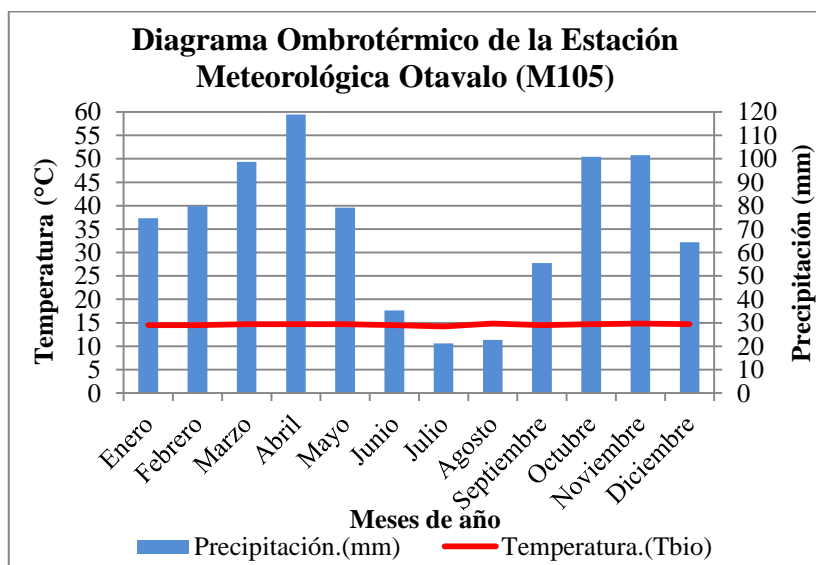
Los datos climáticos de: temperatura y precipitación del período de 1950 a 2010 de la Estación Meteorológica Otavalo (M105), se indican en el Cuadro 4.17.

**Cuadro 4. 17. Datos climáticos de la estación meteorológica Otavalo (M105)**

Mes	Temperatura.(Tbio)	Precipitación.(mm)
Enero	14,5	74,7
Febrero	14,5	79,8
Marzo	14,7	98,7
Abril	14,7	118,9
Mayo	14,7	79,2
Junio	14,5	35,3
Julio	14,2	21,2
Agosto	14,8	22,7
Septiembre	14,5	55,5
Octubre	14,7	100,9
Noviembre	14,8	101,5
Diciembre	14,7	64,4
Año	14,7	852,8
̄	14,6	71,06

Fuente: INAMHI, 2010  
Elaboración: La autora

El diagrama ombrotérmico se elaboró con los datos de temperatura y precipitación según se muestra en la Figura 4.3.



**Figura 4. 3. Diagrama ombrotérmico la estación Otavalo (M0319).**

Fuente: INAMHI, 2010  
Elaboración: La autora

En la Figura 4.3 del Diagrama Ombrotérmico de la estación meteorológica de Otavalo, se observa que el clima de este lugar según la clasificación de Pourrut corresponde Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo, donde la precipitación promedio anual es de 852,8 mm, distribuida en dos épocas de lluvia (Enero a Junio y Septiembre a Diciembre), los meses secos se muestran en Julio y Agosto; la temperatura promedio anual es de 14,6 °C. El mes más lluvioso es abril con 118,9 mm., de precipitación y el más seco es julio con 21,2 mm.

#### 4.3.5. Tipos de climas del área de reserva hídrica

Mediante la interpolación del mapa de Isotermas (Anexo1, Mapa 10) e Isoyetas (Anexo1, Mapa 11) se elaboró el mapa tipos de clima (Anexo1, Mapa12) de acuerdo al cuadro de Clasificación bioclimática de Holdridge, 1999 determinándose cuatro tipos de clima: Húmedo Subtemperado, Húmedo Templado, Per-húmedo Subtemperado, Sub-húmedo templado, indicado en el Cuadro 4.18.

**Cuadro 4. 18. Tipos de climas del área de reserva hídrica**

Fuentes de agua	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Tipo de clima	Área (ha)	Porcentaje (%)
Pushipugyo1, Pushipugyo2, Jatunpugyo	12-17	500-1000	Sub-húmedo Temperado	1446,1	24,77
-----	6-12		Húmedo Subtemperado	23,31	0,4
Cocobantsig	12-17	1000-2000	Húmedo Temperado	1823,72	31,24
Alisopugyo Pogyorodio Torouco Piaura, Alpachaca Jucusiuco, Yanajakcha, Turupamba	6-12		Per-húmedo Subtemperado	2545,25	43,6
Total				5843,41	100

Fuente: IGM, 2013  
Elaboración: La autora

En la zona de reserva hídrica se identifican cuatro tipos de clima:

Sub-húmedo Templado: Presenta una precipitación de 50 hasta 1000 mm con temperaturas que pueden llegar alcanzar los 12 y 17°C en donde se ubican las fuentes hídricas de: Pushipugyo1, Pushipugyo2 y Jatunpugyo.

Húmedo Subtemplado: Revela temperaturas de 6 hasta 12°C con precipitaciones de: 500 hasta 1000 mm.

Húmedo Templado: Alcanza temperaturas de 12 hasta 17°C con precipitaciones de: 1000-2000 mm se sitúa la fuente de captación de Cocobantsig

Per-húmedo Subtemplado: Muestra precipitaciones que van desde 1000 hasta 2000 mm y temperaturas de 6 hasta 12 °C se localizan la mayor cantidad de fuentes hídricas como: Alisopugyo, Pogyorodio, Torouco, Piaura, Alpachaca, Jucusiuco, Yanajakcha y Turupamba.

Los tipos de clima determinados en los resultados mencionados anteriormente se compararon mediante el estudio del Plan de Manejo y Desarrollo de Mojanda según el INAMHI, 2006, en donde el régimen hídrico muestra precipitaciones que van desde 1.000 hasta 1.500 mm, de carácter subhúmedo, mientras que a temperaturas menores de 12° C corresponden al tipo mesotérmico templado frío y temperaturas entre 10 y 15° C se caracterizan por el régimen mesotérmico templado cálido, es decir que a menor temperatura el clima es Subtemplado y a mayor temperatura el clima es Templado.

#### **4.4. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

La calidad de las fuentes de agua se determinó tomando muestras en diferentes sitios de muestreo (Anexo1, Mapa14) tanto en época seca y lluviosa contando con el apoyo de actores claves del GAD de San Rafael de la Laguna y Juntas de agua encargadas de su gestión oportuna (Cuadro 4.19).



**Cuadro 4. 19. Juntas de agua del GAD de San Rafael de la Laguna**

<b>Juntas de agua</b>	<b>Captación</b>	<b>Cobertura</b>
Junta administradora de agua potable Pilchibuela de Tocagón	Cenafo, Wuanduk Pukyu, 4lt/s	Comunidad de Tocagón
Junta administradora de agua potable Huaycopungo	Cocobantsig 11lt/s	Comunidad de Huaycopungo
Junta administradora de agua potable Cachimuel	Parka Rumi 3lt/s	Comunidad de Cachimuel
Junta administradora de agua potable San Miguel Alto	Turu Uku y Manrrangu 2lt/s	Comunidad San Miguel Alto.
Empresa comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado San Rafael	Mariscal 11lt/s	Comunidades de Cachiviro, Capilla Pamba, Cuatro Esquinas, San Miguel Bajo, Mushuk Ñan y el centro parroquial.

**Fuente: Cevallos, 2011**

**Elaboración: La autora**

Los resultados obtenidos de los análisis de la calidad del agua de las fuentes hídricas se realizaron en el Laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales PUCE-SI (Anexo 3, Cuadros 6.7), con su respectiva orden de compra y fractura (Anexo 3, Cuadros 8,9). Las propiedades organolépticas de las doce fuentes de agua identificadas revelan buenas características ya que ninguna muestra de agua indica la presencia de color, olor propiedades que hacen que el agua sea pura y dulce.

Los principales parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados se describen en el Cuadro 4.20.

**Cuadro 4. 20. Parámetros físicos químicos y microbiológicos analizados**

<b>Parámetros</b>		
<b>Físicos</b>	<b>Químicos</b>	<b>Microbiológicos</b>
Potencial Hidrógeno (pH)	Hierro Total (ppm)	Coliformes Totales (UFC/ml)
Color (UC)	Sulfatos (ppm)	Coliformes fecales (UFC/ml)
Turbidez (NTU)	Fosfatos (ppm)	
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	
	Nitratos (mg/l)	
	Amonio (mg/l)	

**Fuente: TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1**

**Elaborado: La autora**

Los análisis físico-químicos y microbiológicos examinados en las fuentes hídricas identificadas en época seca y lluviosa se dividieron de acuerdo a la ubicación de las comunidades en la parte baja: Huaycopungo Grande, Cuatro Esquinas, en la parte media: Mariscal, en la parte alta: Tocagón, Cachimuel y San Miguel alto.

#### 4.4.1. Análisis de agua en la parte baja del área de reserva hídrica

Realizando la comparación de la calidad del agua de las fuentes de: Alisopugyo, Pushipugyo1, Pushipugyo2, Jatunpugyo ubicadas en las comunidades de: Huaycopungo Grande y Cuatro Esquinas, en la parte baja se tomaron 2 muestras de agua una en época seca y otra en época lluviosa obteniéndose 8 muestras de agua, los resultados del análisis: físicoquímicos, microbiológicos se indican en: Figura 4.4, Figura 4.5 y Figura 4.6.

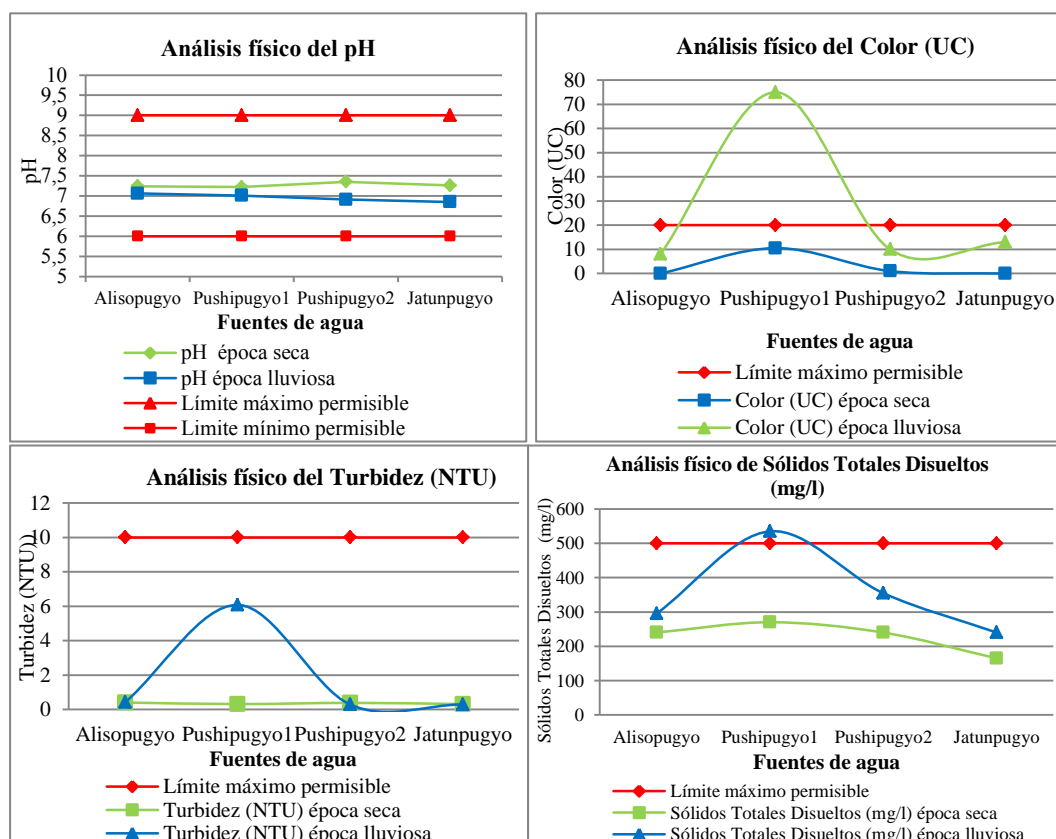


Figura 4. 4. Parámetros físicos vs límite permisible en la parte baja del área de reserva hídrica.

Elaborado: La autora

En las fuentes de agua de la parte baja (Figura 4. 5) los parámetros físicos que están dentro del límite permisible del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 son el pH y la Turbidez, mientras que los parámetros que están por debajo son el Color y Sólidos Totales Disueltos de la fuente Pushipugyo1 en época lluviosa.

El Color es inadecuado ya que muestra sustancias disueltas y los Sólidos Totales Disueltos son altos presentan material orgánico e inorgánico soluble en agua, Martel, 2010.

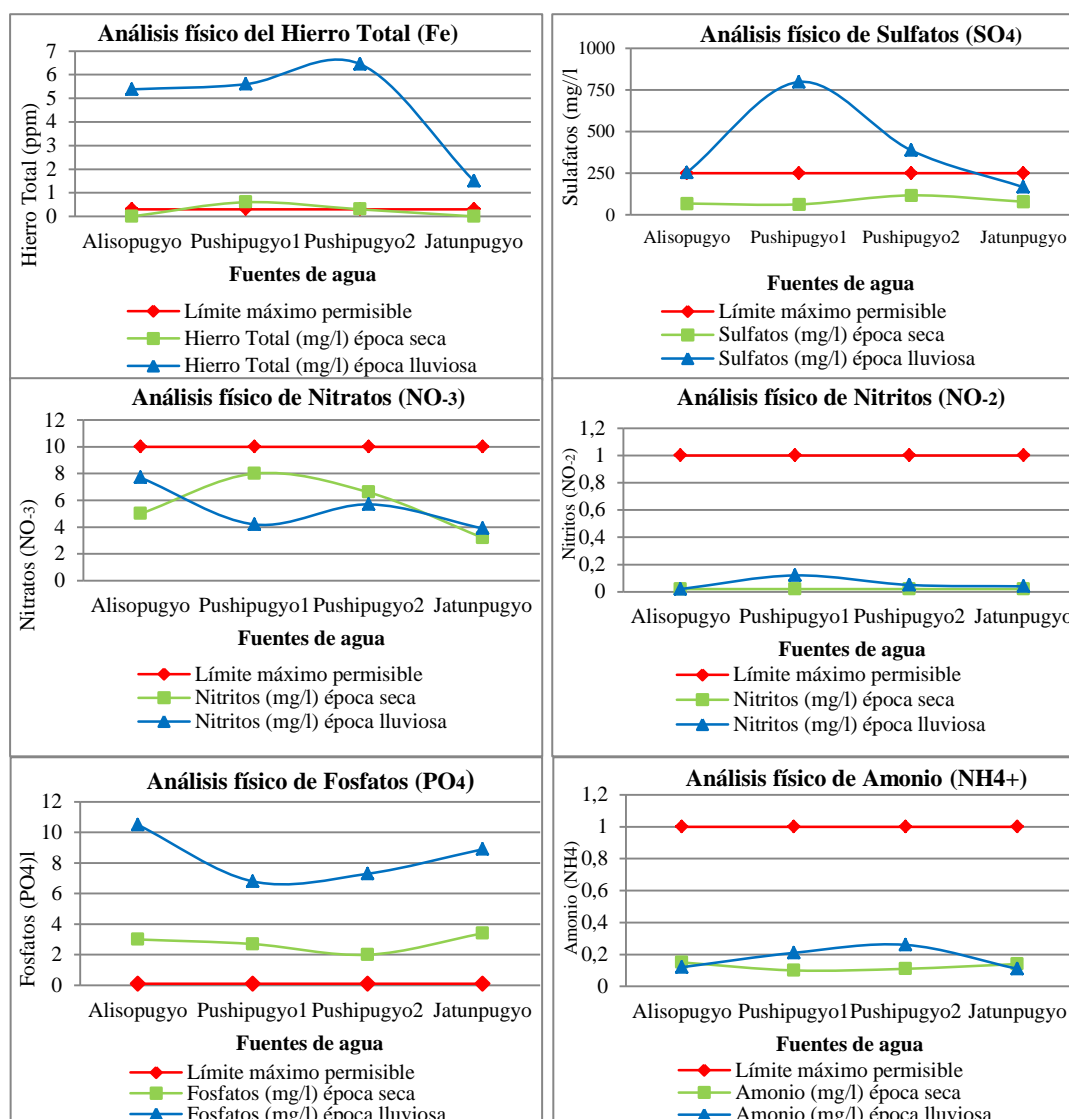


Figura 4. 5. Parámetros químicos vs límite permisible en la parte baja del área de reserva hídrica

Elaboración: La autora

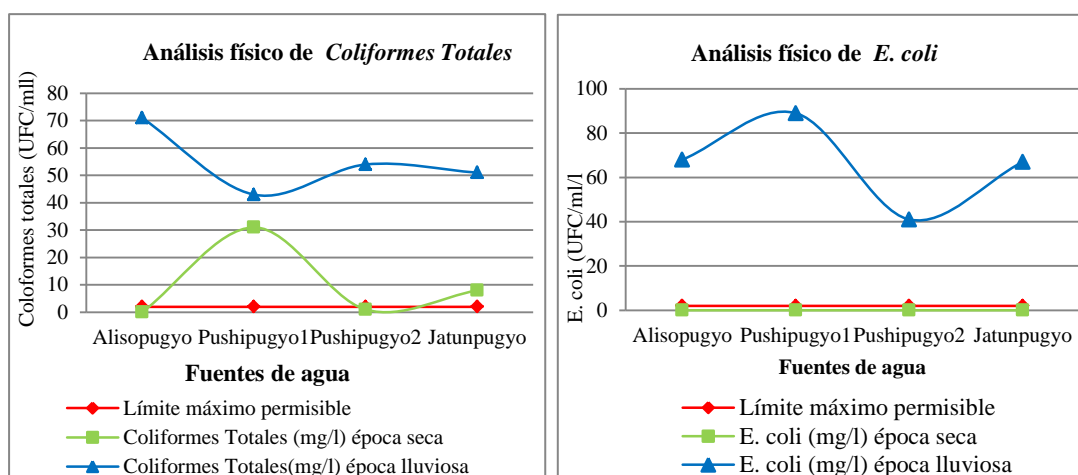
En las fuentes hídricas de la parte baja los parámetros químicos (Figura 4.5), que están dentro del límite permisible del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 son: nitritos, nitratos y amonio es decir que no existe indicios de contaminación por excretas de ganado, utilización de fertilizantes en los cultivos y la entrada de aguas residuales domésticas pero existen valores mínimos que podrían afectar la salud a largo plazo, Junta de Castilla León, 2012.

Los resultados de Hierro Total indican mayor presencia en la fuente de agua de Pushipugyo1 en época seca y en las fuentes de agua de: Alisopugyo, Pushipugyo1, Pushipugyo2 y Jatunpugyo en época lluviosa están por encima de límite máximo permisible de 0.3 mg/l del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, esto debido a que se encuentra en aguas subterráneas y reacciona con oxígeno para formar herrumbre, presenta una coloración rojo-naranja, Bauder & Sigler, 2012, el agua no necesita un tratamiento.

Los Sulfatos obtenidos muestran mayor cantidad en época lluviosa en la fuentes de agua de: Alisopugyo, Pushipugyo1 y Pushipugyo2 sobrepasando el límite máximo permisible de 250 mg/l del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, beber agua con altos niveles de Sulfatos (SO<sub>4</sub>) causa diarrea y deshidratación, Lenntech, 2011, el agua presenta un sabor perceptible no apto para el consumo humano directo

En todas las fuentes de agua de la parte baja los Fosfatos comparados en época seca y lluviosa exceden el límite máximo permisible de 0.1 mg/l determinados según la Norma INEN 1108:2011 de agua potable, su presencia se debe al uso de fertilizantes eliminados del suelo, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza ya que por percolación llegan a los acuíferos naturales, Putz, 2010. El agua no es apta para el consumo humano.

Las *Coliformes Totales* que sobrepasan el límite permisible del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, están presentes en las fuentes de Pushipuguyo 1 y Jatunpuguyo y en época lluviosa en todas las fuentes de agua con respecto a *E. coli* los resultados están por encima del límite establecido en época lluviosa su presencia indica una inadecuada calidad del agua (Figura 4.6).



**Figura 4. 6. Parámetros microbiológicos vs límite permisible en la parte baja del área de reserva hídrica**

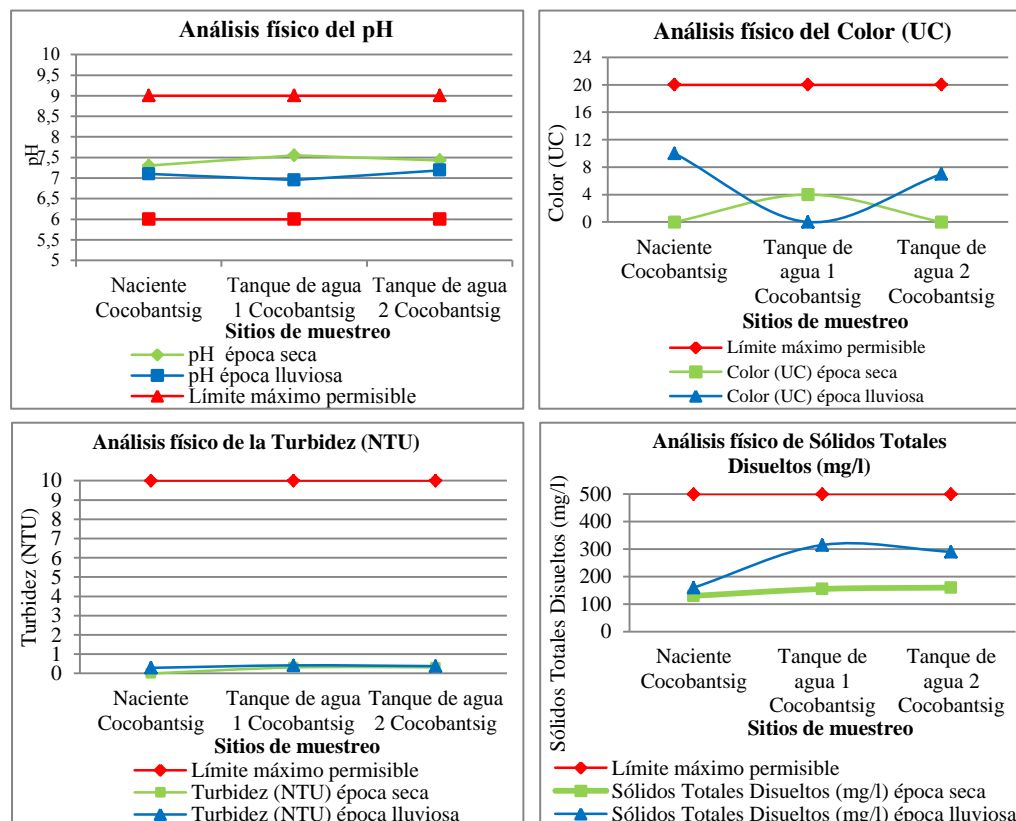
**Elaboración: La autora**

En las fuentes de agua de la parte baja los parámetros que están dentro del límite permisible del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 son: pH, Turbidez, Nitritos, Nitratos y Amonio, sin embargo los parámetros que están fuera del límite establecido son: Color, Sólidos Totales Disueltos, Hierro, Sulfatos, Fosfatos, Coliformes totales y *E. coli* revelan contaminación por excrementos animales o humanos, por lo tanto el agua no es óptima para consumo humano.

#### 4.4.2. Análisis del agua en la parte media de la reserva hídrica

En la parte media de la zona de reserva hídrica se tomó muestras de agua en la fuente de captación de Cocobantsig ubicada en la comunidad Mariscal, parroquia Gonzales Suarez, en donde se eligieron tres puntos de muestreo: el primero en la naciente de agua de la vertiente, el segundo y tercero en los tanques de agua para la comparación de estos resultados se tomaron en época seca y lluviosa obteniéndose seis muestras de agua para realizar el posterior análisis: físicos,

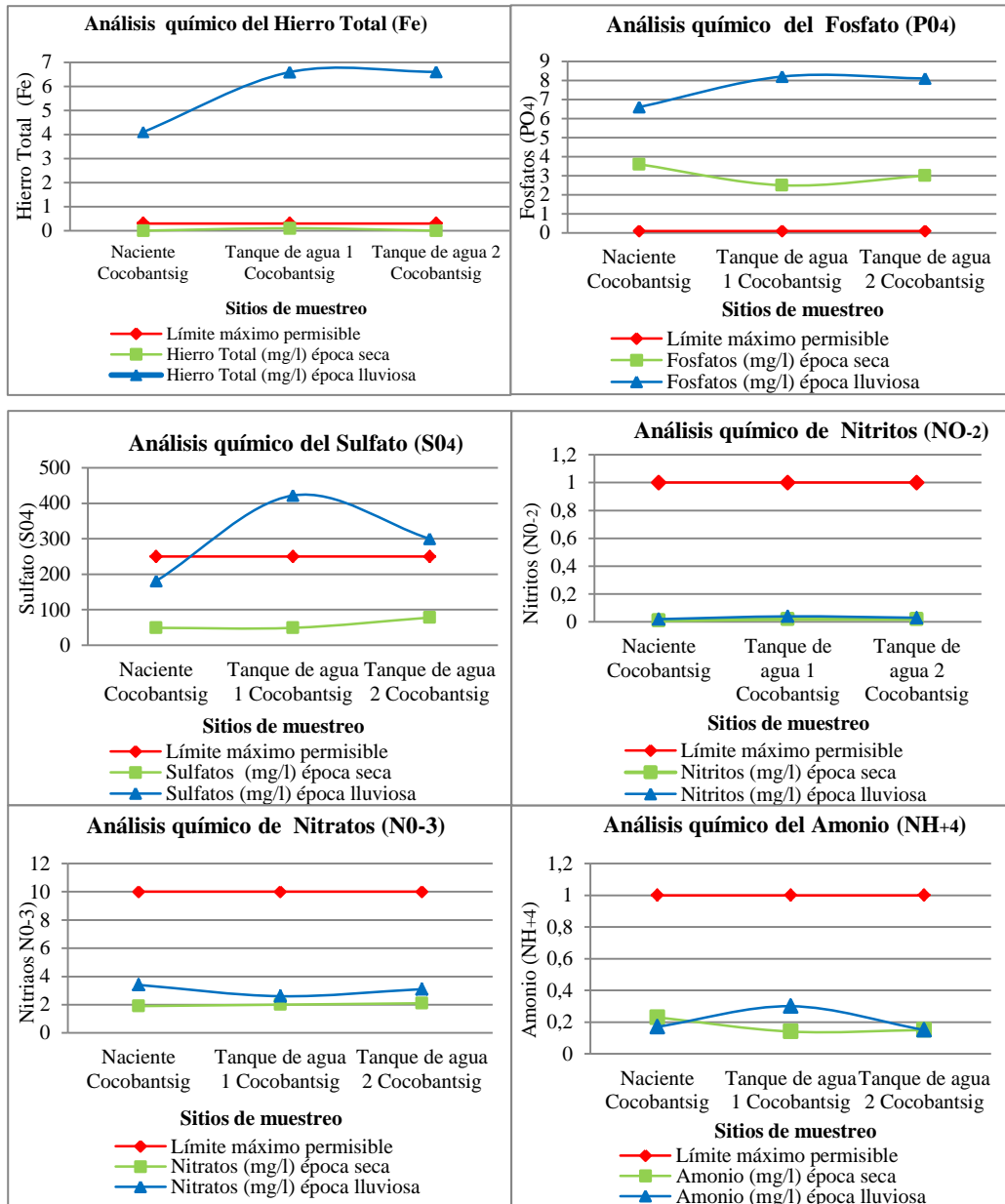
químicos y microbiológicos, los resultados obtenidos del Laboratorio ECAA de la PUCE-SI se muestran en: Figura 4.7, Figura 4.8, Figura 4.9, respectivamente.



**Figura 4. 7. Parámetros físicos vs límite permisible en la parte media del área de reserva hídrica.**

**Elaboración: La autora**

En la fuente de captación de Cocobantsig (Figura 4.7) los resultados obtenidos del pH, Color (UC), Turbidez (NTU) y Sólidos Totales Disueltos (mg/l) medidos en: Naciente Cocobantsig, Tanque 1 Cocobantsig, Tanque 2 Cocobantsig comparados en época seca y lluviosa se encuentran dentro del límite máximo permisible especificado en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, su tratamiento de desinfección del agua con cloro es adecuado para el consumo humano.



**Figura 4. 8. Parámetros químicos vs límite permisible en la parte media del área de reserva hídrica**

**Elaborado: La autora**

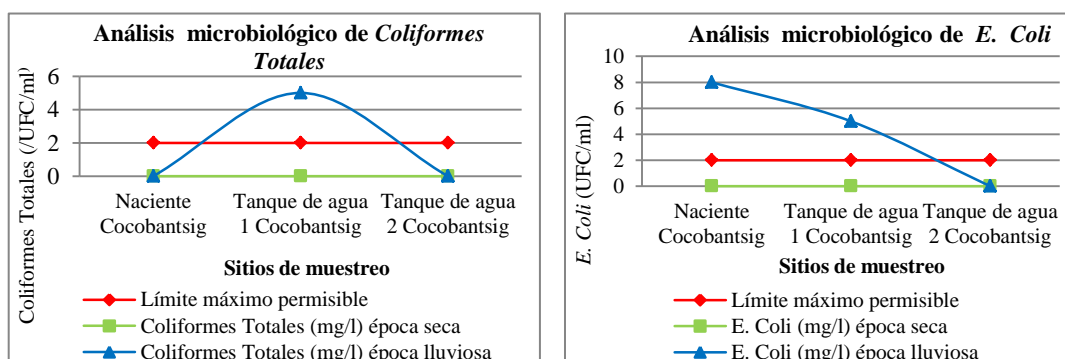
En la Figura 4.8, los parámetros químicos analizados muestran mayor cantidad de hierro total (mg/l) medido en época lluviosa se encuentra en: Naciente Cocobantsig, Tanque 1 Cocobantsig, Tanque 2 Cocobantsig están fuera del límite permisible de 0,3 mg/l establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, es una sustancia no deseable en el agua de consumo humano. Niveles altos de

hierro producen sabores metálicos en el agua, mientras que en época seca los valores del hierro están dentro del límite permisible, Aguilar C. , 2012.

Los valores de Sulfatos indicados en época lluviosa presentan un mayor valor en: Tanque 1 Cocobantsig, Tanque 2 Cocobantsig están por encima del límite máximo permisible de 250 mg/l establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, la presencia de sulfato en el agua potable puede causar un sabor perceptible se presenta en aguas naturales en concentraciones de unos pocos miles de miligramos por litros, Martel, 2010.

Las concentraciones de fosfatos (mg/l) comparados en época seca y lluviosa están sobre el límite máximo permisible de 0.1 mg/l establecido en la Norma INEC 1108:2011 de agua potable, los niveles altos se presentan debido a las actividades agrícolas que utilizan fertilizantes eliminados al suelo realizadas cerca del sitio, Putz, 2010.

Los niveles de nitritos, nitratos y amonio medidos en la fuente de captación de Cocobantsig realizados en época seca y lluviosa están dentro del límite máximo permisible de 0,1 mg/l determinado en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, pero en los resultados se puede observar que existe en mínimas cantidades debido a la utilización de fertilizantes y estiércol que podrían afectar la calidad del agua de fuente de captación, Junta de Castilla León, 2012.



**Figura 4. 9. Parámetros microbiológicos vs límite permisible en la parte media del área de reserva hídrica**

Elaboración: La autora

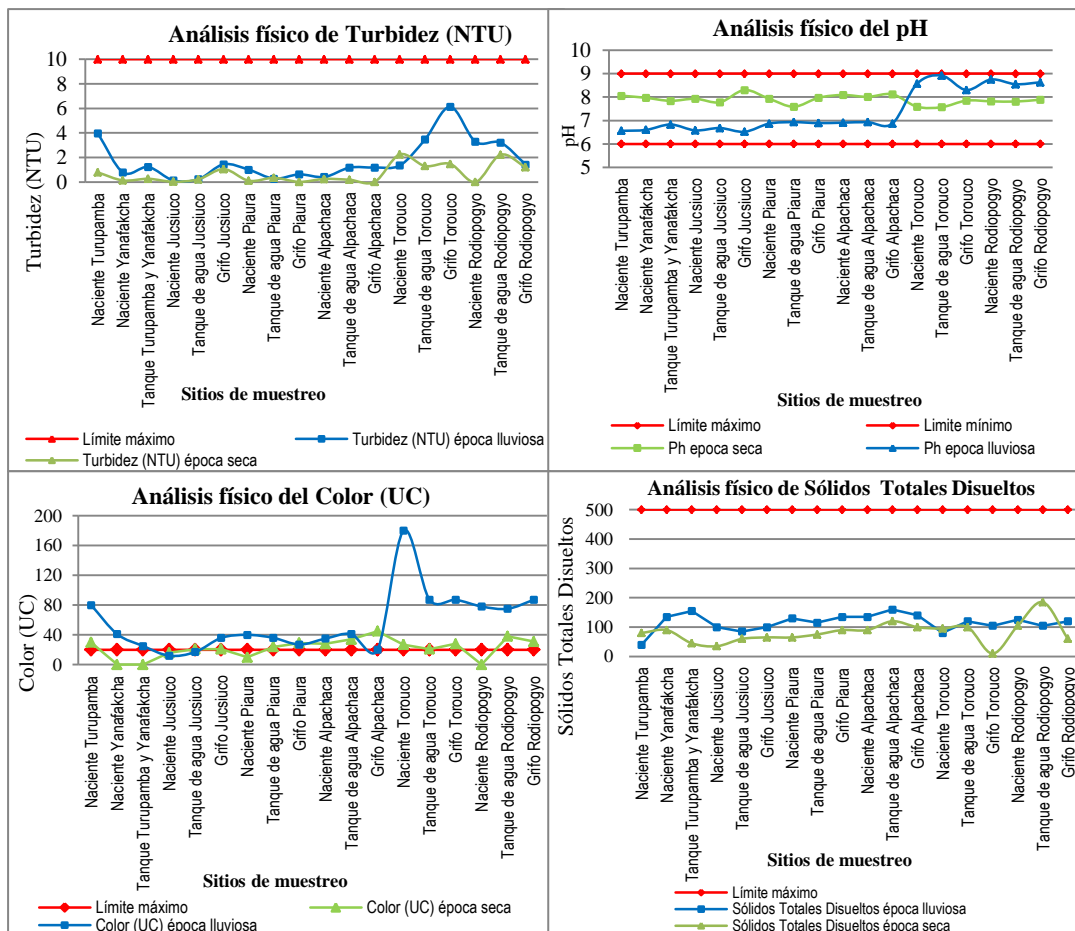


Las concentraciones de Coliformes totales que están por encima del límite permisible del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 medidos en época lluviosa están presentes en el Tanque de agua 1 Cocobantsig y *E. coli* (UFC/ml) sobrepasa el límite establecido en Naciente Cocobantsig y Tanque 1 Cocobantsig mientras que en época seca están dentro del límite definido, las concentraciones mínimas indican un bajo nivel de calidad del agua.

En la fuente de captación Cocobantsig y en sus tanques de muestreo ubicados en la parte media, los parámetros que están dentro del límite permisible del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 son: pH, Color, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos la apariencia del agua es buena, mientras que los parámetros que están fuera del límite establecido son: hierro, sulfatos y fosfatos, con relación a Coliformes totales y *E. coli*, se nota su presencia en mínimas cantidades en algunos puntos de muestreo en estación lluviosa que afectan la calidad del agua, necesita se realice un mejor tratamiento del agua.

#### **4.4.3. Análisis del agua en la parte alta del área de reserva hídrica**

La calidad del agua de las comunidades de: Tocagón, Cachimuel y San Miguel alto ubicadas en la parte alta se determinó siguiendo el trayecto de siete vertientes hasta llegar a los domicilios se eligió los sitios de muestreo en: nacimiento, tanque de agua y grifo, se tomó dos muestras de agua resultando un total de 36 muestras de agua hechas en las épocas: seca y lluviosa, posteriormente se realizó el análisis: físico, químico y microbiológico, los resultados obtenidos del Laboratorio ECAA de la PUCE-SI se muestran en: Figura 4.10, Figura 4.11 y Figura 4.12.



**Figura 4. 10. Parámetros físicos vs límite permisible en la parte alta del área de reserva hídrica**

**Elaborado: La autora**

En la Figura 4.10, los parámetros físicos indican al pH como neutro e ideal, turbidez (NTU) transparente, sólidos totales disueltos (STD) están dentro del límite del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, en época seca y lluviosa.

El nivel alto de coloración (UC) está presente en: la naciente Turupamba, tanque Jucsiuco, grifo Jucsiuco, tanque Pogyorodio, grifo Pogyorodio, tanque Piaura, grifo Piaura, naciente Alpacacha, tanque Alpacacha, grifo Alpacacha, naciente Torouco, tanque Torouco, grifo Torouco, tanque Pogyorodio y grifo Pogyorodio medidos en época lluviosa y en los sitios de muestreo de: naciente Turupamba, naciente Yanafakcha, tanque Turupamba y Yanafakcha, grifo Jucsiuco, naciente Piaura, tanque Piaura, grifo Piaura, naciente Alpacacha, tanque Alpacacha, naciente Torouco, tanque Torouco, grifo Torouco, naciente Pogyorodio, tanque

Pogyorodio, grifo Pogyorodio medidos en época seca. La coloración en los sitios de muestreo se debe a la presencia de iones metálicos naturales, humus y materia orgánica (Bola, 2003), están sobre el límite permisible.

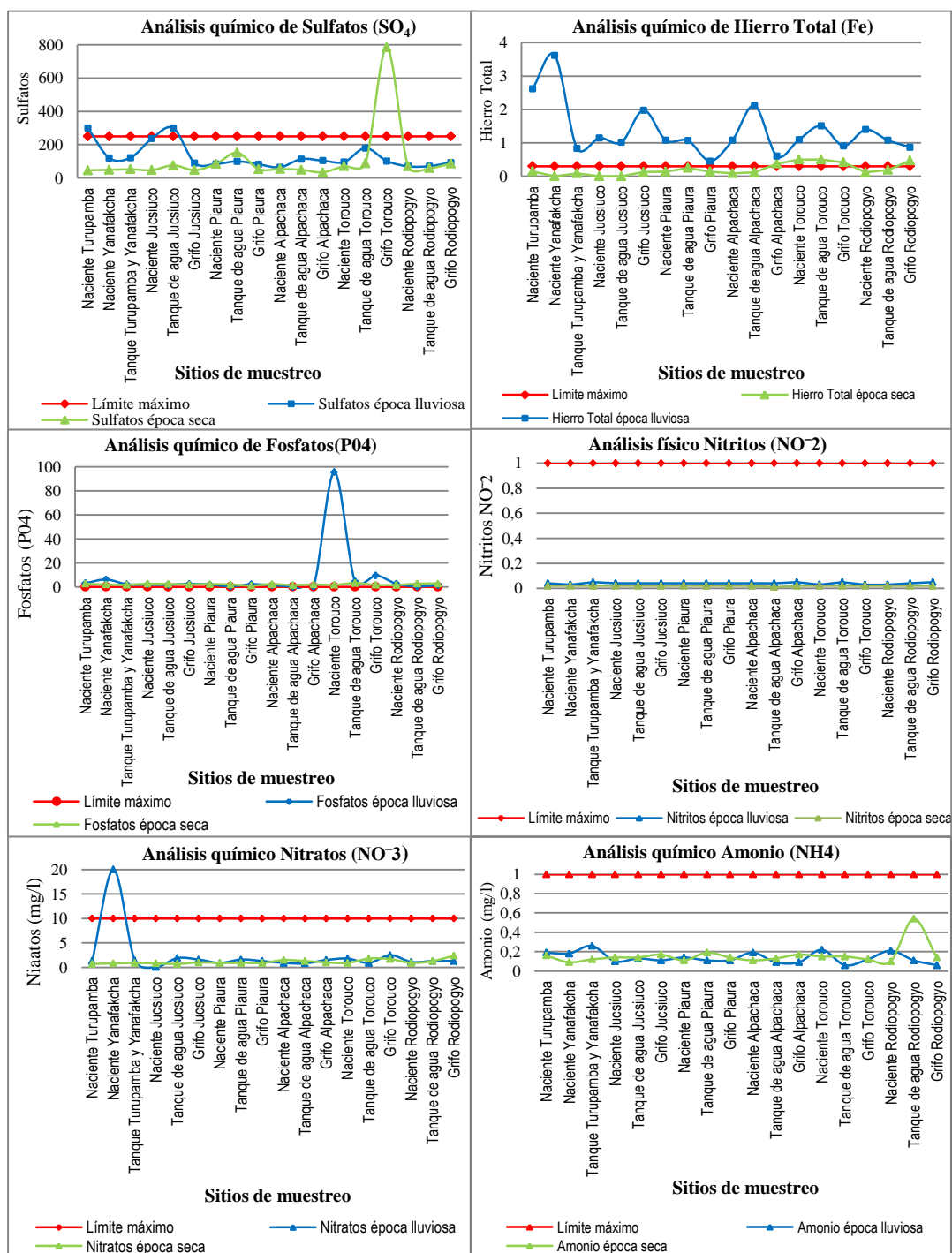


Figura 4. 11. Parámetros químicos vs límite permisible en la parte alta del área de reserva hídrica

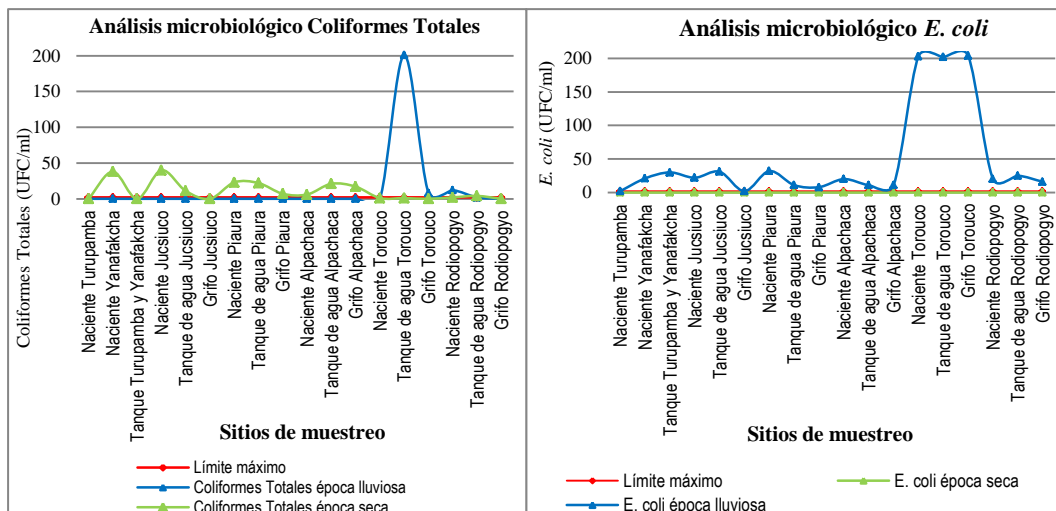
Elaborado: La autora

Los parámetros químicos medidos (Figura 4.11) indican mayores concentraciones de Hierro total en: grifo Alpachaca, nacimiento Torouco, tanque Torouco y grifo Torouco medidos en época seca y en todos los sitios de muestreo medidos en época lluviosa están por encima del límite permisible de 0,3 mg/l definido en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1. Es una sustancia no deseable en el agua de consumo humano, los niveles altos de hierro producen sabores metálicos en el agua, Aguilar C. , 2012.

Las altas concentraciones de Sulfatos (mg/l) están presentes en: el grifo de Torouco, en época seca y en los sitios de muestreo de: tanque Jucsiuco y nacimiento Turupamba en época lluviosa están sobre el límite permitido de 250 mg/l según el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, beber agua con altos niveles de Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) puede causar diarrea y deshidratación se siente un sabor perceptible en el agua, Lenntech, 2011.

Todos los valores de fosfatos comparados en época seca y lluviosa sobrepasan el límite permisible de 0.1 mg/l de la Norma INEC 1108:2011 presentando mayor cantidad en la nacimiento de Torouco. La presencia de fosfatos se debería a la disolución de estos compuestos en el suelo, presentes en residuos de detergentes comerciales, Martel, 2010.

Los valores de nitritos, nitratos y amonio comparadas en las épocas seca y lluviosa están dentro del límite máximo permisible determinado en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1, pero su presencia en mínimas cantidades podría deberse a las prácticas agrícolas y el uso de fertilizantes que estos implicarían, Leakovic & otros, 2000.



**Figura 4. 12. Parámetros microbiológicos vs límite permisible en la parte alta del área de reserva hídrica**

**Elaboración: La autora**

Las concentraciones altas de Coliformes totales que sobrepasan el límite permisible del TULSMA. Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 medidos en época seca están presentes en: Naciente Yanajakcha, Naciente Jucusiuco, Tanque Jucusiuco, Grifo Jucusiuco, Naciente Piaura, Tanque Piaura, Grifo Piaura, Naciente Alpachaca, Tanque Alpachaca, Grifo Alpachaca y Tanque Pogyorodio, mientras que en época lluviosa están presentes en: Tanque Torouco, Grifo Torouco, Naciente Pogyorodio y los niveles altos de Escherich coli medidos en época lluviosa están en casi todas las fuentes de agua a excepción de la Naciente de Turupamba, sin embargo en época seca todos los sitios de muestreo de las fuentes de agua están dentro del límite establecido, su presencia en mínimas cantidades indican un bajo nivel de calidad del agua. (Figura 4.12).

En las fuentes de agua de: Turupamba, Yanajakcha, Jucusiuco, Piaura, Alpachaca, Torouco, Pogyorodio localizados en la parte alta los parámetros que están dentro del límite permisible del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 son: pH, Turbidez, Sólidos Totales Disueltos, Nitritos, Nitratos y Amonio, pero los parámetros que están fuera del límite permisible son: Color, Hierro, Sulfatos, Fosfatos, Coliformes Totales, *E. coli* presentes en algunos puntos de muestreo en

estación lluviosa debido a contaminantes agrícolas y pecuarios se debe realizar un mejor tratamiento del agua.

Ante lo expuesto los resultados revelan que los altos niveles de los parámetros de: color se debe a la actuación del pH con el aumento de temperatura pero su remoción se logra con la coagulación por compuestos químicos como el alumbre y el sulfato férrico, los Fosfatos presentan residuos de detergentes comerciales que pueden corregirse mediante infiltración, Sulfatos proporcionan un sabor al agua y podría tener un efecto laxante causando un efecto en niños, no hay métodos definidos para su remoción. Hierro sus sales no son tóxicas en las cantidades encontradas en las aguas naturales y las Coliformes totales y *E. coli* indican presencia de excreciones humanas o animales que pueden estar infiltrándose a las fuentes de agua debido a la escorrentía del agua lluvia, Martel, 2010.

#### 4.5. ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE AGUA

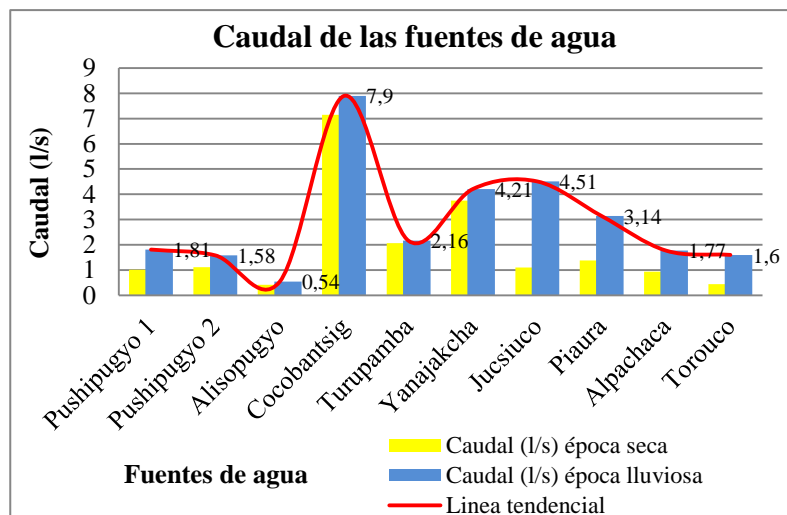
Los caudales de las fuentes hídricas (Anexo 1, Mapa 14) se midieron empleando el método volumétrico para medir los caudales pequeños y el método del flotador para el caudal grande realizando tres repeticiones en cada sitio de muestreo, comparados en época seca y lluviosa según se muestra en el Cuadro 4.21.

**Cuadro 4. 21. Caudal de las fuentes hídricas medidas en época seca y lluviosa**

Fuentes hídricas	Coordenadas(WGS 84) Z.17S		Altitud	Caudal (l/s) época seca	Caudal (l/s) época lluviosa
	X	Y			
Pushipugyo 1	809793	10021140	2695	1,01	1,81
Pushipugyo 2	808602	10021852	2700	1,11	1,58
Alisopugyo	809915	10020896	2698	<b>0,41</b>	<b>0,54</b>
Jatunpugyo	808736	10021852	2701	115	125
Cocobantsig	811282	10018032	2810	<b>7,15</b>	<b>7,90</b>
Turupamba	806737	10016014	3697	2,07	2,16
Yanajakcha	807507	10016479	3639	3,75	4,21
Jucsiuco	808579	10017257	3149	1,10	4,51
Piaura	806633	10018148	3357	1,38	3,14
Alpachaca	806735	10018379	3388	0,94	1,77
Torouco	805620	10017832	3520	0,44	1,60

Elaboración: La autora

La comparación se realizó entre los caudales pequeños para diferenciar su aumento o disminución en época seca y lluviosa analizados según se indica en la Figura 4.13.



**Figura 4. 13. Caudales de las fuentes hídricas en época seca y lluviosa**  
**Elaboración: La autora.**

En la fuente de captación Cocobantsig se registró en época lluviosa un caudal de 7,90 l/s notándose una disminución del caudal en época seca de 7,15 l/s, sin embargo en la fuente de Alisopugyo se registró en época lluviosa un caudal de 0,54 l/s y una disminución del caudal en época seca de 0,41 l/s.

Para medir caudales grandes mediante el método del flotador en la fuente de Jatunpugyo se registró en época lluviosa un caudal de 125,0 l/s que disminuye a 115,0 l/s en época seca.

#### 4.5.1 Análisis Estadístico

Mediante el análisis estadístico utilizando la fórmula de la *t* pareada se realizó comparaciones entre los caudales obtenidos en época seca y lluviosa de las fuentes hídricas, para determinar si existe diferencia significativa, los resultados obtenidos se interpretaron utilizando los datos del Cuadro 4.22.

**Cuadro 4. 22. Cálculo estadístico de la t pareada comparando caudales**

Fuentes hídricas	Caudal (l/s) época lluviosa	Caudal (l/s) época seca	$D_i$	$d_i^2$
Pushipugyo 1	1,81	1,01	0,8	0,64
Pushipugyo 2	1,58	1,11	0,47	0,2
Alisopugyo	0,54	0,41	0,13	0,017
Jatunpugyo	125	115	10	100
Cocobantsig	7,9	7,15	0,75	0,6
Turupamba	2,16	2,07	0,09	0,008
Yanafakcha	4,21	3,75	0,46	0,2
Jucsiuco	4,51	1,1	3,41	11,6
Piaura	3,14	1,38	1,76	3,1
Alpachaca	1,77	0,94	0,83	0,7
Torouco	1,6	0,44	1,16	1,3
Pogyorodio	2,18	1,15	1,03	1,1
		$\Sigma$	20,89	119,4

Fuente: Ramos, 2012  
Elaboración: La autora

**Datos:**

$$\Sigma d_i = 20,89 \quad x_{di} = 1,74 \quad \Sigma d_i^2 = 119,4 \quad (\Sigma d_i)^2 = 436,3 \quad n=12$$

Reemplazando los datos obtenidos en la fórmula de t pareada

$$T_p = \frac{x_{di}}{\sqrt{\frac{\Sigma d_i^2 - \frac{(\Sigma d_i)^2}{n}}{n(n-1)}}} \quad T_p = \frac{1,74}{\sqrt{\frac{119,4 - \frac{436,3}{12}}{12(12-1)}}} \quad T_p = \frac{1,74}{\sqrt{\frac{83,04}{132}}} \quad T_p = 2,13$$

$T_p = 2,681$ \* nivel de significancia al 5%

$T_p = 3,055$ \* nivel de significancia al 1%

Los resultados de la prueba de t indican que existe una significancia al 1% y al 5% es decir que existe una diferencia del caudal en las fuentes hídricas.

**4.6. PROPUESTA DEL ÁREA DE RESERVA HÍDRICA**

La propuesta está enfocada en dar solución a los problemas presentes en cada una de las áreas de recarga hídrica y fuentes de agua identificadas, para aprovechar los recursos de una manera adecuada se plantea estrategias de conservación y recuperación ambiental de acuerdo al cumplimiento de las políticas del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017; en base a estos lineamientos se desarrollará y



ejecutará proyectos y actividades orientados en mitigar las prácticas antropogénicas

#### **4.6.1. Análisis de la problemática y objetivos estratégicos**

Con la información obtenida de las observaciones directas en las salidas de campo, entrevistas y taller realizado para el diagnóstico del área de reserva hídrica de San Rafael de la Laguna se determinó las actividades contaminantes que afectan la parte baja siendo: prácticas agrícolas y pastoreo de animales debido a la falta de límites de protección de sus captaciones las actividades antropogénicas desarrolladas en las fuentes hídricas están afectando la calidad del agua.

En la parte media las actividades agrícolas sin prácticas de conservación de suelos están avanzando hacia la fuente de captación subterránea Cocobantsig en donde existe escasa cobertura vegetal ocasionando disminución de la capacidad de almacenamiento del agua.

Mientras que en la parte alta el pajonal está siendo reemplazado debido al avance de la frontera agrícola y las quemadas producidas en estación seca, el ingreso del ganado hacia la zona de recarga hídrica está afectando la calidad de las fuentes de agua, también necesitan un mantenimiento y reparación de la tubería en donde se produce fugas del agua.

#### **4.6.2. Matriz FODA**

La Matriz FODA indicada en el Cuadro 4.23 constituye el análisis interno de: Fortalezas que es el logro de los objetivos y Debilidades impiden el alcance de las metas, es posible actuar sobre ellas, mientras que el análisis externo de: Oportunidades que analiza las circunstancias ventajosas de su entorno y Amenazas constituye las tendencias del contexto que en cualquier momento pueden ser perjudiciales, es difícil actuar sobre ellas, Instituto Politécnico Nacional de la Secretaría Técnica , 2002.

**Cuadro 4. 23. Determinación de la matriz FODA**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
<p>Administración de las Juntas de agua en diferentes comunidades para consumo humano.</p> <p>Ejecución del proyecto para declarar área de conservación de páramo de la parroquia, que la Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura lo está desarrollando, aplicando la política de conservación del programa SOCIO PARAMO.</p> <p>Cuenta con el proyecto de Legalización de tierras persigue brindar seguridad jurídica individual a cada poseedor de lotes, disminuyendo el índice de ilegalidad en la tenencia de la tierra a nivel parroquial.</p> <p>Realización del “Proyecto de Protección Física y Biológica de Fuentes de Agua en los cantones: Otavalo, Ibarra y Pimampiro, ejecutado con el apoyo del programa mundial de alimentos”, con el apoyo de los cabildos comunitarios y Prefectura de Imbabura.</p>	<p>Participación del Ministerio de Salud en el control permanente del uso del cloro residual en las viviendas de toda la parroquia.</p> <p>Apoyo del Ministerio de Ambiente en la ejecución de proyectos de conservación del páramo</p> <p>Gestión oportuna del Instituto nacional de desarrollo agrario (INDA) otorga dos tipos de títulos: individuales y colectivos.</p> <p>Capacitación por parte de MAGAP y EMAPA-O a las Juntas administradoras de agua para consumo humano</p> <p>Capacitación del MAGAP para desarrollar las aptitudes productivas en los agricultores y artesanos mediante la implementación de técnicas de producción sustentable</p> <p>Intervención de la Prefectura de Imbabura para mejorar la estructura de las fuentes hídricas.</p> <p>Intervención del MAGAP en la implementación de prácticas de manejo y conservación de suelo.</p>

<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
A nivel comunitario no se cumple con el tiempo y cantidad de la concesión establecidas por las Juntas de agua.	Las precipitaciones estacionales alteran la calidad del recurso hídrico de las fuentes de agua de la parte baja.
Insuficiente información referente a los beneficios del programa Socio-Páramo como consecuencia se origina un desinterés por parte de los propietarios.	Se origina quema y maltrato al páramo por las comunidades fronterizas en estaciones secas.
Existen conflictos de tenencia de tierras debido a los números trámites necesarios para cumplir con los requisitos se dificulta la legalización de sus predios.	En la parte baja existen inundaciones que limitan la disponibilidad de terrenos ya que limitan con la laguna
Insuficiente diversificación de cultivos y prácticas agrícolas en función de la disponibilidad del agua	El uso de fertilizantes químicos en el cultivo de frutillas contamina la calidad del agua al infiltrarse por escorrentía al suelo.
Áreas degradadas debido a las prácticas agrícolas que están erosionando el suelo y disminuyendo su capacidad de retención del agua.	Las prácticas agrícolas desarrolladas en pendientes montañosas pueden originar pérdidas del suelo fértil.
Escaso nivel organizativo de los comuneros en el control y seguimiento de las especies nativas reforestadas.	Condiciones ambientales inadecuadas para el desarrollo y crecimiento de las especies nativas plantadas.

**Fuente: Cevallos, 2011, Elaboración: La autora**

En base a la determinación de la Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas detalladas en el Cuadro 4.32 del área de estudio de reserva hídrica del páramo de Mojanda se realizó el cruce del: FO, FA, DO y DA estableciéndose las estrategias según se indica en el Cuadro 4.24.

**Cuadro 4. 24 .Cruce de la matriz FODA**

<p style="text-align: center;"><b>FACTORES INTERNOS</b></p> <p style="text-align: center;"><b>FACTORES EXTERNOS</b></p>	<p><b>FORTALEZAS</b>  A.-Administración de las Juntas de agua en diferentes comunidades para consumo humano.  B.-Ejecución del proyecto para declarar área de conservación de páramo de la parroquia, mediante el programa SOCIO PARAMO.  C.-Cuenta con el proyecto de Legalización de tierras, disminuyendo el índice de ilegalidad en la tenencia de la tierra a nivel parroquial.</p>	<p><b>DEBILIDADES</b>  D.-Insuficiente diversificación de cultivos y prácticas agrícolas en función de la disponibilidad del agua  E.-Áreas degradadas debido a prácticas agrícolas que erosionan el suelo y disminuyen el almacenamiento del agua.  F.-Escaso nivel organizativo de los comuneros en el control y seguimiento de las especies nativas reforestadas.</p>
<p><b>OPORTUNIDADES</b>  A.-Participación del Ministerio de Salud en el control permanente del uso del cloro residual en las viviendas de toda la parroquia.  B.-Apoyo del Ministerio de Ambiente en la ejecución de proyectos de conservación del páramo  D.-Capacitación del MAGAP para desarrollar las aptitudes productivas en los agricultores y artesanos mediante la implementación de técnicas de producción sustentable  E.-Intervención del MAGAP en la implementación de prácticas de manejo y conservación de suelo</p>	<p>FO (AyA): Estrategia de regularización y control al recurso hídrico para consumo humano   FO (ByB): Estrategia de conservación y manejo de ecosistemas frágiles</p>	<p>DO (DyD): Estrategia de manejo de las prácticas agropecuarias   DO (EyE): Estrategia de manejo de la pérdida de las áreas receptoras del recurso hídrico</p>
<p><b>AMENAZAS</b>  C.-Se origina quema y maltrato al páramo por las comunidades fronterizas en estaciones secas.  F.-Condiciones ambientales inadecuadas para el desarrollo y crecimiento de las especies nativas plantadas.</p>	<p>FA (CyC): Estrategia de uso adecuado de la frontera agrícola</p>	<p>DA (FyF): Estrategias de control y recuperación de áreas degradadas</p>

**Fuente: Cevallos, 2011, Elaboración: La autora**

### 4.6.3. Estrategias identificadas

Al cruzar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas se obtuvo seis estrategias beneficiándose las fortalezas para minimizar las amenazas y aprovechar las oportunidades, como superar las debilidades restando las amenazas y valiéndose de las oportunidades, Gómez, 2012, indicado en el Cuadro 4.25.

**Cuadro 4. 25. Estrategias, políticas y lineamientos de la matriz FODA**

	<b>Fortalezas y Debilidades</b>	<b>Políticas y Lineamientos del Plan Nacional de Buen Vivir 2013-2017</b>
<b>Oportunidades y Amenazas</b>	Estrategia de regularización y control al recurso hídrico para consumo humano	3.10. Garantizar el acceso universal, permanente, sostenible y con calidad a agua segura y a servicios básicos de saneamiento, con pertinencia territorial, ambiental, social y cultural
	Estrategia de conservación y manejo de ecosistemas frágiles	7. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global. 7.2. Conocer, valorar, conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y su biodiversidad terrestre, acuática continental, marina y costera, con el acceso justo y equitativo a sus beneficios.
	Estrategia de uso adecuado de la frontera agrícola	7.9. Promover patrones de consumo conscientes, sostenibles y eficientes con criterio de suficiencia dentro de los límites del planeta.
	Estrategia de manejo de las prácticas agropecuarias	10.4. Impulsar la producción y la productividad de forma sostenible y sustentable, fomentar la inclusión y redistribuir los factores y recursos de la producción en el sector agropecuario.
	Estrategias de manejo de la pérdida de las áreas receptoras del recurso hídrico	7.3. Consolidar la gestión sostenible de los bosques, enmarcada en el modelo de gobernanza forestal
	Estrategias de control y recuperación de áreas degradadas	7.6. Gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de cuencas y caudales ecológicos para asegurar el derecho humano al agua

Fuente: Diagnóstico participativo, 2014 y PNBV 2013-2017

Elaboración: La autora

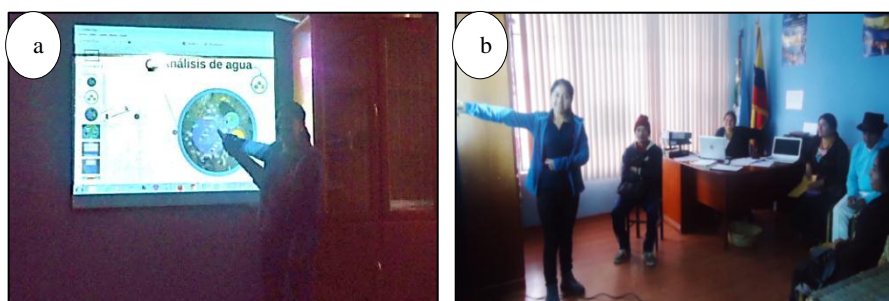
Con la información obtenida del diagnóstico participativo y PNBV 2013-2014 se logró identificar seis estrategias y políticas necesarias detalladas dentro de las directrices de la propuesta.

#### **4.6.4. Conservación y recuperación ambiental de las zonas hídricas**

El manejo de las zonas de importancia hídrica es responsabilidad de todos los actores claves vinculados en la gestión del agua para consumo humano como: GAD Parroquial, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR”, quiénes deben mantener alianzas conjuntas y ajustes necesarios en busca de mejorar la gestión en el ámbito biofísico y socioeconómico para promover la mantenimiento y el uso sustentable de los recursos hídricos.

##### **4.6.4.1. Taller de socialización de proyectos**

El taller de proyectos se realizó con los actores claves involucrados en la gestión del agua del GAD Parroquial de San Rafael de la Laguna, se dió a conocer las zonas de: muy alta, alta, media, moderada, baja y muy baja posibilidad de recarga hídrica identificadas en la cuenca Imbakucha del Lago San Pablo y se analizó la cantidad y calidad de las fuentes de agua para consumo humano, según se indica en la Figura 4.14.



**Figura 4. 14. Taller de socialización**  
**a) Resultados muestras de las fuentes de agua, b) Identificación de proyectos de interés para las comunidades de San Rafael de la Laguna**  
**Elaborado por: La autora**

El análisis de los resultados obtenidos del mapa de zonas de recarga hídrica, calidad y cantidad de las fuentes de agua y las opiniones de los actores claves vinculados en la gestión del agua: GAD Parroquial de San Rafael de la Laguna, presidentes de las Juntas Administradoras de agua de consumo humano (JAAPs), presidentes de cabildos comunitarios, presidente de la Microempresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael “ECAPASR”, permitió determinar los proyectos a desarrollarse cerca de las fuentes de agua que fueron agrupados y priorizados Cuadro 4.26.

**Cuadro 4. 26. Listado de proyectos a ejecutarse en las zonas de recarga hídrica y fuentes de agua**

<b>PARROQUIA</b>	<b>SAN RAFAEL</b>		
<b>Comunidad</b>	<b>Fuentes de agua</b>	<b>Zonas de recarga hídrica</b>	<b>Proyectos</b>
Huaycopungo grande	Pushipugyo 1	Muy Alta	Mejoramiento de la infraestructura de la fuente de agua
	Alisopugyo	Media	Tratamiento de la fuente de agua utilizando lechugín ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).
Cuatro esquinas	Pushipugyo 2	Muy Alta	Tratamiento de la fuente de agua utilizando Jacinto de agua.
	Jatunpugyo	Muy Alta	Construir piscinas para criadero de truchas
Mariscal	Cocobantsig	Media	Manejo agrícola y reforestación con plantas nativas.
Tocagón	Turupamba	Alta	Protección física de la fuente de agua
	Yanajakcha	Media	Reforestación de la fuente de agua
	Jucsiuco	Media	Manejo agrícola y reforestación con plantas nativas.
Cachimuel	Piaura	Alta	Reforestación y protección física
	Alpachaca	Alta	Reforestación, mantenimiento y limpieza de fuente de agua
San miguel alto	Torouco Pogyorodio	Alta Media	Reforestación y protección física Reparación de la tubería.

**Fuente: Dirigentes encargados en la gestión del agua GAD de San Rafael de la Laguna, 2015**  
**Elaboración: la autora**

#### **4.6.4.2. Priorización de proyectos**

Los proyectos semejantes se agruparon y se escogieron los que son factibles de llegar a realizarlos utilizando la metodología multicriterio para la Priorización y

Evaluación de Proyectos utilizando el modelo de puntuación se realizó ponderaciones por objetivo y puntajes de cumplimiento de los proyectos a los objetivos, CEPAL, 2008, se determinó los criterios de ponderación según se indica en el Cuadro 4.27.

**Cuadro 4. 27. Ponderaciones para priorizar proyectos**

Cumplimiento del objetivo	Ponderación	Rangos de prioridad
Corto plazo	Alta importancia	76-100
Mediano plazo	Media importancia	51-75
Largo plazo	Baja importancia	26-50
Extenso plazo	Muy baja importancia	0-25

**Fuente: CEPAL, 2008**

**Elaboración: La autora**

Los proyectos se priorizaron con los actores claves vinculados en la gestión del agua del GAD de San Rafael de la Laguna, según se muestra en el Cuadro 4.28.

**Cuadro 4. 28. Priorización de proyectos**

Proyecto	Nivel de Ponderación	Prioridad
Proyecto de protección física de las fuentes de agua	87	Primero
Proyecto de monitoreo de la calidad y cantidad del agua de las fuentes hídricas	56	Segundo
Proyecto de conservación del páramo	83	Primero
Proyecto determinación de perímetros de protección de fuentes de agua	45	Tercero
Proyecto de realización de buenas prácticas agropecuarias	37	Tercero
Proyecto de prácticas para conservación de suelos	24	Cuarto
Proyecto de reforestación con especies nativas	59	Segundo

**Fuente: CEPAL, 2008**

**Elaboración: La autora**

Los proyectos fueron priorizados para resolver los problemas que están afectando con mayor frecuencia a las fuentes de agua, contando con la participación activa de los miembros de los cabildos comunitarios y actores claves del GAD de San Rafael de la Laguna vinculados en la gestión del agua.



#### 4.6.5. Ubicación de los sitios estratégicos

La determinación de los sitios estratégicos se realizó utilizando el mapa de zonas de recarga hídrica en donde se identificaron seis áreas de: muy alta, alta, media, moderada, baja y muy baja posibilidad de recarga hídrica en donde se implementaron los proyectos necesarios para mejorar el área de recarga de las fuentes de agua planteando medidas necesarias para recuperar y conservar la zona de reserva hídrica de la parroquia San Rafael de la Laguna (Anexo 1, Mapa 8), delimitada en la cuenca Imbakucha del Lago San Pablo, de acuerdo a la localización de las fuentes de agua, los sitios de estudio se encuentran a una altitud que va desde los 2698 hasta los 3697 msnm.

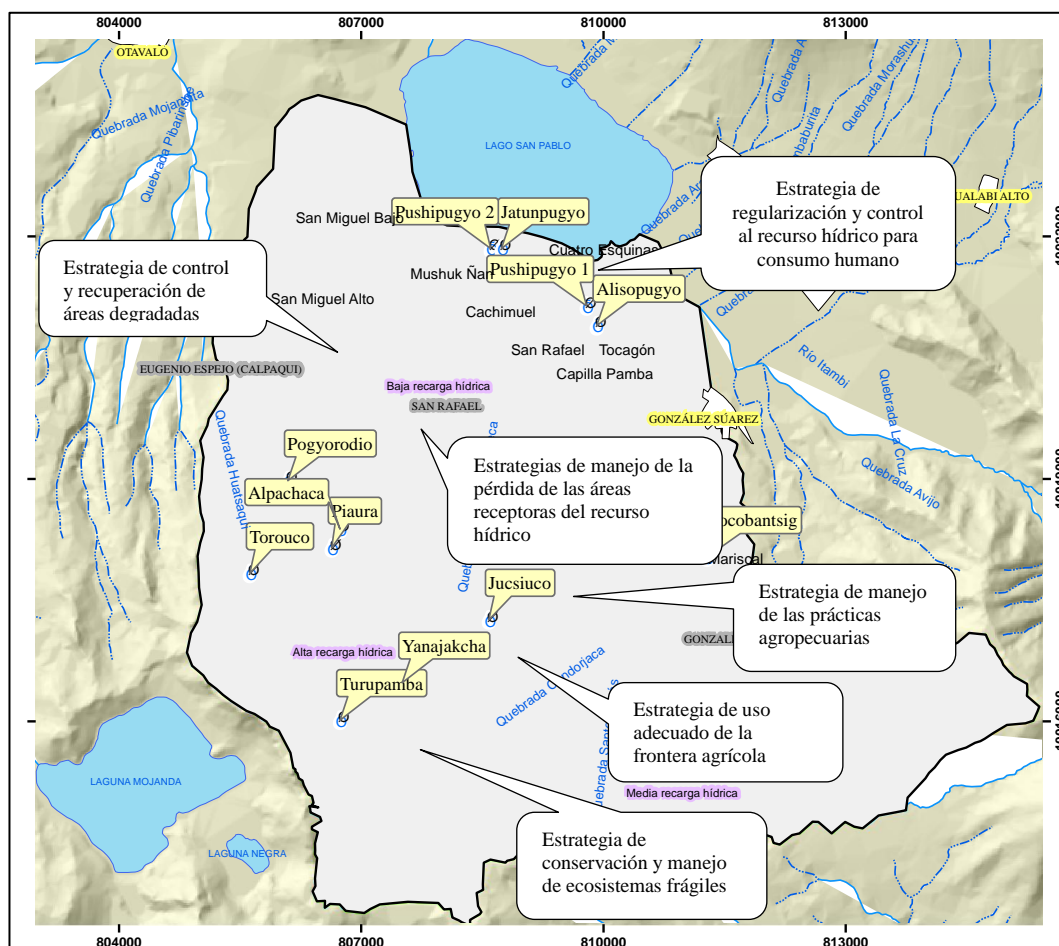


Figura 4. 15. Mapa de ubicación de las estrategias aplicadas en las zonas de recarga hídrica

Elaboración: La autora

#### **4.6.6. Área de muy alta posibilidad de recarga hídrica**

Esta área ocupa una superficie de 219,33 ha en donde la oferta del caudal de las fuentes de agua identificadas de: Pushipugyo1 es 1,01 l/s en época seca y 1,81 l/s en época lluviosa, Pushipugyo2 es de 1,11 l/s en época seca y 1,58 l/s en época lluviosa y Jatunpugyo es 115 l/s en época seca y 125 l/s en época lluviosa, la calidad de las fuentes de agua no es adecuada para consumo humano ya que presenta altos niveles de sulfatos que pueden causar diarrea, fosfatos muestran indicios de fertilizantes, coliformes totales y *E coli.*, debido a la presencia de excreciones humanas o de animales, detergentes y productos de limpieza.

Estas fuentes hídricas abastecen de agua para consumo humano a las comunidades de: Huaycopungo Grande y Cuatro Esquinas cuando se corta el suministro del agua proveniente de la fuente de captación Cocobantsig, cerca del área de recarga hídrica se realizan prácticas agrícolas, crianza de animales menores y actividades domésticas, se debe realizar indemnizaciones a los dueños de los terrenos que colindan con las fuentes de agua para que se permita limitar la protección de sus nacimientos de agua.

##### **4.6.6.1. Estrategia de conservación, regularización y control del recurso hídrico para consumo humano**

Esta estrategia involucra al área de muy alta posibilidad de recarga hídrica en donde es necesario obtener apoyo técnico de la Prefectura de Imbabura y MAGAP para gestionar proyectos de protección, control y monitoreo de las fuentes de agua en donde se realiza el consumo directo sin ejecutar ningún tratamiento previo.

- **Proyecto de protección física de las fuentes de agua**

Realizando mingas comunitarias se logrará realizar el cerramiento de las fuentes de agua de: Alisopugyo, Pushipugyo 1, Pushipugyo 2 en donde las actividades antropogénicas están afectando la calidad del agua.

#### **a) Entrega de materiales necesarios para realizar el cerramiento**

Para la adquisición de los materiales se requerirá de la intervención oportuna del técnico responsable de la Subdirección de Gestión Ambiental de la Prefectura de Imbabura, quién tramitará la entrega de los materiales al GAD parroquial de San Rafael de la Laguna (Figura 4.16) logrando realizar el cerramiento en fuentes de agua: Pushipugyo1, Pushipugyo2, Alisopugyo, Jucsiuco, Piaura y Torouco favoreciendo el proceso de conservación.



**Figura 4. 16. Entrega de materiales para realizar el cerramiento.**  
**Elaboración: La autora**

#### **b) Instalación del cerramiento en las fuentes de agua**

Los dirigentes del GAD de San Rafael de la Laguna y presidentes de las Juntas Administradoras de agua para consumo humano coordinaron los días que se realizará la instalación del cerramiento mediante mingas comunitarias, posteriormente se contando con el direccionamiento técnico de la Prefectura de Imbabura se colocarán los postes a un distanciamiento de 2 metros y el alambre se extenderá en cinco filas a lo largo de las áreas de las fuentes de agua a protegerse (Figura 4.17).



**Figura 4. 17. Minga de cerramiento.**  
**Elaboración: La autora**

### c) Protección física de las fuentes de agua de la parte baja

La instalación de la protección física se realizará en las fuentes de agua de: Alisopugyo, Pushipugyo1, Pushipugyo2 ubicados en la parte baja según se indica en la Figura 4.18.



**Figura 4. 18. Protección física de las fuentes de agua:**  
**a) Alisopugyo, b) Pushipugyo 1, c) Pushipugyo 2**  
**Elaborado por: La autora**

Las actividades de: desagüe de chochos, lavandería, presencia de animales, rituales matrimoniales y recreación hacen necesario aislar las fuentes de agua del ambiente externo que los contaminan el aporte económico para su protección física se indica en el Cuadro 4.29.

**Cuadro 4. 29. Presupuesto referencial para realizar la protección física en los nacimientos de las fuentes de agua**

<b>Descripción</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Fuentes de financiamiento</b>	<b>Valor Total (\$)</b>	<b>Plazo ejecución (meses)</b>
Realizar el cerramiento de las fuentes de agua de: Alisopugyo, Pushipugyo 1, Pushipugyo 2.	Comunidades: Huaycopungo, Cuatro Esquinas, Tocagón, Cachimuel	Prefectura de Imbabura	5 000,00	6
Costo total			\$5 000,00	6 meses

**Elaborado por: La autora**

- **Proyecto de monitoreo de la calidad y cantidad del agua de las fuentes hídricas**

El propósito de este proyecto es llevar un registro de la calidad del agua que ayude con el manejo de las áreas de interés hídrico proveyendo una base de datos de las microcuencas y ayudando a señalar áreas de alta contaminación. Con un programa de muestreo frecuente se puede monitorear los cambios a la calidad de agua realizando una evaluación de las fuentes de agua de: Alisopugyo, Pushipugyo1, Puchipugyo2, Jatunpugyo, Piaura, Alpachaca, Pogyorodio, Jucsiuco, Cocobantsig, Turupamba, Yanajakcha, Torouco, en donde se llevarán a cabo las actividades de:

**a) Medición de la calidad de las fuentes de agua**

El sistema de distribución de agua para consumo humano no cuenta con una planta de tratamiento de potabilización, los promotores vinculados con la gestión del agua realizan la cloración en los tanques de captación de la fuente de Cocobantsig, siendo necesario utilizar hipoclorito de sodio del 4% o 6%, se necesita una cantidad de 5cm., de una inyección para clorar un tanque de agua.

El monitoreo de la calidad de agua (análisis físico- químico y microbiológico) se realizará una vez al año en época seca y lluviosa.

**b) Medición del caudal de las fuentes de agua**

La medición de la cantidad del agua se realizará mediante el método del molinete en la fuente de Jatunpugyo realizando capacitaciones dirigidas por técnicos de la Prefectura de Imbabura hacia los promotores y presidentes de las juntas administradoras de agua de las comunidades se llevará un registro de la cantidad del agua que será de utilidad para mejorar la capacidad de distribución del caudal que abastece de agua para consumo humano. La medición de los caudales se realizará dos veces al año una vez en época seca y lluviosa.

El financiamiento económico del proyecto se describe en el Cuadro 4.30

**Cuadro 4. 30. Presupuesto para monitorear la calidad y cantidad de las fuentes hídricas**

<b>Descripción</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Fuentes de financiamiento</b>	<b>Valor Total (\$)</b>	<b>Plazo ejecución (meses)</b>
Medición de la calidad de las fuentes de agua	Juntas administradoras de agua potable de San Rafael de la Laguna	GAD de San Rafael de la Laguna y SENAGUA, EMAPA-O	4 000,00	3
Medición de la cantidad de las fuentes de agua	Juntas administradoras de agua potable de San Rafael de la Laguna	GAD de San Rafael de la Laguna y SENAGUA EMAPA-O	1 500,00	3
			5 500,00	6 meses

**Elaborado por: La autora.**

#### **4.6.7. Área de alta posibilidad de recarga hídrica**

Abarca un área de 1731,29 ha en donde el aporte de caudal de las fuentes de agua de: Turupamba en época seca es 2,07 l/s y 2,16 l/s en época lluviosa, Torouco en época seca es 0,44 l/s y 1,60 l/s época lluviosa, Piaura en época seca es 1,38 l/s y 3,14 l/s época lluviosa, Alpachaca en época seca es 0,94 l/s y 1,77 l/s época lluviosa, la calidad del agua de las fuentes hídricas antes mencionadas necesita un tratamiento ya que tiene altos niveles de fosfatos esto puede deberse a la presencia de excretas del ganado también muestra hierro y sulfatos en los sitios de muestreo de Torouco.

El caudal de las fuentes de agua beneficia a las comunidades de Tocagón, Cachimuel y San Miguel Alto en este sitio de recarga hídrica se realiza pastoreo de ganado y se origina quema del pajonal afectando el estado de conservación del páramo.

#### **4.6.7.1. Estrategia de conservación y manejo de ecosistemas frágiles**

Diseño de incentivos económicos y legales para promover el cambio de comportamientos individuales mediante el involucramiento de los comuneros se formará grupos de monitoreo con quienes se logrará conservar el área de alta posibilidad de recarga hídrica en donde la regeneración del páramo será de manera natural.

- **Proyecto de conservación del páramo**

La zona del páramo almacena y regula el agua para consumo de las poblaciones asentadas en la parte media y baja de la parroquia de San Rafael de la Laguna, sin embargo este tipo de ecosistema está siendo afectado por las quemadas, que traen como consecuencia la degradación del suelo, el ingreso del ganado causa compactación y erosión, se realizará un monitoreo de las zonas afectadas en donde la vegetación se ha perdido, también se ejecutará campañas de prevención y control de quemadas del pajonal.

Contando con el apoyo técnico de la Prefectura de Imbabura quienes llevan a cabo el “Proyecto de Protección Física y Biológica de Fuentes de Agua en los cantones: Otavalo, Ibarra y Pimampiro, ejecutado con el apoyo del programa mundial de alimentos”, quienes mediante incentivos comunitarios realizan caminos cortafuegos logrando proteger y conservar el páramo. Las actividades que se ejecutarán en este proyecto son:

##### **a) Fomentar actividades de educación e interpretación ambiental**

Con la participación activa del técnico responsable de la Prefectura de Imbabura se realizará talleres participativos sobre cómo actuar ante problemas de incendios del pajonal las medidas preventivas que se deben tomar, ante estas amenazas se ejecutará un seguimiento, control y regularización de las áreas afectadas para proteger y conservar los recursos existentes en esta zona.

## b) Conformar grupos encargados de monitorear las zonas afectadas

La comunidad deberá asignar, rotar a responsables que vigilen y salvaguarden los recursos existentes en la zona quienes vigilarán y protegerán la zona de posibles daños como incendios y llevarán un monitoreo de manera constante de los recursos existentes en la zona por lo menos una vez cada tres meses.

Las posibles fuentes de financiamiento se detallan en el Cuadro 4.31

**Cuadro 4. 31. Presupuesto para conservar el páramo**

<b>Descripción</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Fuentes de financiamiento</b>	<b>Valor Total (\$)</b>	<b>Plazo ejecución (meses)</b>
Fomentar actividades de educación e interpretación ambiental	Juntas administradoras de agua potable de San Rafael de la Laguna y comunidades.	GAD de San Rafael de la Laguna y SENAGUA	5 000,00	6
Conformar grupos encargados de monitorear las zonas afectadas	Juntas administradoras de agua potable de San Rafael de la Laguna y comunidades.	GAD de San Rafael de la Laguna y SENAGUA	2 000,00	3
			7 000,00	9 meses

Elaborado por: La autora

### 4.6.8. Área de media posibilidad de recarga hídrica

Comprende una superficie 2 194,59 ha en donde la contribución del caudal de las fuentes de agua en: Alisopugyo es 0,41 l/s en época seca y 0,54 l/s en época lluviosa, Cocobantsig es 7,15 l/s en época seca y 7,90 l/s en época lluviosa, Yanajakcha 3,75 l/s en época seca y 4,21 en época lluviosa, Jucsiuco 1,10 l/s en época seca y 4,51 l/s en época lluviosa, la calidad del agua necesita disminuir los niveles de fosfatos originados debido al uso de fertilizantes eliminados al suelo y hierro que es una sustancia no deseable que producen sabores metálicos en el agua.



Las fuentes hídricas de Alisopugyo y captación Cocobantsig abastecen de agua para consumo humano a las comunidades de: Huaycopungo Grande, Cachiviro, Mushuk Ñan, Cuatro Esquinas, Capilla Pamba, San Miguel Bajo y el centro parroquial y las fuentes de agua de Yanajakcha y Jucsiuco proveen de agua para consumo humano a la comunidad de Tocagón las prácticas agrícolas, pastoreo de ganado, cultivos de ciclo corto afectan la recarga hídrica.

#### **4.6.8.1. Estrategia de uso adecuado de la frontera agrícola**

La pérdida del ecosistema páramo y parte del humedal del Lago San Pablo está siendo afectado por los cultivos de ciclo corto de: maíz, quinua, alverja, chochos y frutillas. La aplicación de esta estrategia está orientada en el manejo del área de: media posibilidad de recarga hídrica en donde el avance de la frontera agrícola está desplazando parte del pajonal en la parte alta y totorales en la parte baja.

- **Proyecto determinación de perímetros de protección de fuentes de agua**

Para proteger las fuentes de agua de: Alisopugyo, Jucsiuco y fuente de captación Cocobantsig en donde se realizan prácticas agrícolas se tomará en cuenta la normativa que rige la protección del área de las fuentes de agua en donde se controlará y manejará las actividades contaminantes que pueden estar afectando su estado de conservación.

#### **a) Generar mecanismos de regulación para áreas en conflicto**

Realizar un taller en donde se convoque a los presidentes de los cabildos comunitarios, Juntas administradoras de agua potable y alcantarillado de San Rafael y productores agrícolas que tienen terrenos que colindan con las fuentes de agua de: Alisopugyo, Jucsiuco y la fuente de captación Cocobantsig para delimitar el área de uso de acuerdo a la ordenanza bicantonal para protección y conservación de la zona de Mojanda, 2002 que según el Art. 15. La zona de

Mojanda goza de protección binacional que prohíbe la tala de bosques, o cobertura vegetal, dentro de 50 metros mínimo del borde superior de las quebradas y de los cursos de agua existentes y de 100 m. de radio de las fuentes y vertientes de agua.

### b) Definición del área de protección de las fuentes de agua

La delimitación de los perímetros de protección de las captaciones subterráneas de las fuentes de: Alisopugyo, Jucsiuco y Cocobantsig se realizará determinando una zona de restricción de 3 m de radio alrededor de la captación, zona de restricción máxima de 30 m de radio en donde se prohíben todas las actividades de contaminación como exceso de abonado o fertilizantes agrícolas, el resto de la cuenca vertiente se delimita en función de la topografía (Figura 4. 10)



**Figura 4. 19. Perímetro de protección de captaciones subterráneas**  
Fuente: (Life Rural Supplies, 2009)

Mediante lo expuesto se puede decir que el área de protección de una zona de captación está determinada en 100 metros en donde se debe realizar una inspección sanitaria por parte de los promotores de las Juntas Administradoras de

Agua potable para controlar las prácticas agrícolas contaminantes y el ingreso del ganado. El presupuesto necesario para la protección de las fuentes de agua se indica en el Cuadro 4.32.

**Cuadro 4. 32. Presupuesto para protección de las fuentes de agua**

<b>Descripción</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Fuentes de financiamiento</b>	<b>Valor Total (\$)</b>	<b>Plazo ejecución (meses)</b>
Generar mecanismos de regulación para áreas en conflicto	Juntas administradoras de agua potable de San Rafael de la Laguna y comunidades.	Prefectura de Imbabura y SENAGUA, MAGAP	5 000,00	2
Definición del área de protección de las fuentes de agua	Juntas administradoras de agua potable de San Rafael de la Laguna y comunidades.	Prefectura de Imbabura y SENAGUA, MAGAP	15 000,00	10
			20 000,00	11 meses

Elaborado por: La autora

#### **4.6.9. Área de moderada posibilidad de recarga hídrica**

Esta área se extiende 1 395,37 ha en donde la cobertura vegetal y uso del suelo es de cultivos de cereal, maíz y áreas en proceso de erosión, con formaciones geológicas de cangahua constituido por depósitos de toba volcánica y cenizas, del tipo de suelo mollisol con textura arcillo arenosa o limosa con gravas y piedras e Inceptisol de color muy oscuro de textura media franco limoso con alto contenido de materia orgánica, pobre en nitrógeno y fósforo.

##### **4.6.9.1. Estrategia de manejo de las prácticas agropecuarias**

Con la aplicación de esta estrategia se espera contribuir al mejoramiento de la producción agropecuaria con la incorporación de prácticas agrosilvopastoriles y agroforestales.

- **Proyecto de realización de buenas prácticas agropecuarias**

Concientizar y capacitar la implementación buenas prácticas agropecuarias para lograr la protección de las fuentes de agua en sectores que necesitan atención urgente debido a la presencia de contaminantes. Las capacitaciones estarán dirigidas por técnicos del MAGAP, quienes facilitarán la aplicación de nuevas prácticas agrícolas especialmente en zonas de recarga hídrica que están en proceso de erosión.

Se involucrará a los propietarios que tienen terrenos que limitan cerca de las fuentes de agua para exponer nuevas técnicas de manejo de cultivos y aportando con incentivos se logrará conservar un espacio de 100 metros cuadrados a la redonda de las fuentes hídricas.

Para implementar un nuevo sistema de producción agrícola y pecuaria se convocará a los productores agropecuarios para dar a conocer mediante la ejecución de talleres participativos dirigidos por técnicos del MAGAP se identificarán los sitios en donde la posibilidad de recarga hídrica es moderada en donde se establecerá las siguientes acciones:

- a) Establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles: cerca vivas, cortinas rompevientos, fajas en contorno, árboles o arbustos en pastizales, plantación de árboles y arbustos forrajeros, bosquetes, pastoreo en plantaciones de baja densidad, etc.
- b) Aplicación de sistemas de rotación y asociación de cultivos
- c) Uso de abonos verdes y cultivos de cobertura
- d) Labores culturales en contra de la pendiente
- e) Sistemas de riego alternativos: micro-aspersión y goteo
- f) Restricción en el uso de maquinaria agrícola
- g) Manejo Integrado de Plagas (MIP) para reducción de uso de pesticidas de alta toxicidad.
- h) Manejo de animales para producción pecuaria.

El presupuesto necesario para ejecutar el proyecto de buenas prácticas agropecuarias se muestra en el Cuadro 4.33.

**Cuadro 4. 33. Presupuesto referencial para realizar capacitaciones de buenas prácticas para proteger fuentes de agua**

<b>Descripción</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Fuentes de financiamiento</b>	<b>Valor Total (\$)</b>	<b>Plazo ejecución (meses)</b>
Implementar buenas prácticas agropecuarias	Productores agrícolas y pecuarios de la parroquia de San Rafael de la Laguna	MAGAP y Prefectura de Imbabura, SENAGUA EMAPA-O	25 000,00	6
Costo total			\$25 000,00	6 meses

Elaborado por: La autora

#### **4.6.10. Área de baja posibilidad de recarga hídrica**

Constituye un área de 284,77 ha en donde la cobertura vegetal y uso del suelo es de cultivos de cereal, maíz, zonas con fuerte proceso de erosión y zona urbana, de relieve escarpado con formaciones geológicas de cangahua constituido por piroclastos de piedra pómez, del tipo de suelo Inceptisol de color oscuro con texturas franco limoso.

##### **4.6.10.1. Estrategia de manejo de la pérdida del área receptora del recurso hídrico**

Esta estrategia está enfocada en el manejo adecuado de áreas en donde se han perdido fuentes de agua debido a la falta de prácticas de conservación de suelos y acciones oportunas encaminadas en dar un manejo adecuado por parte de los actores claves como: presidentes de los cabildos comunitarios, presidentes de las Juntas administradoras de agua potable y alcantarillado, Empresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael (ECAPASR) vinculados en la gestión del agua, quienes deben crear y fortalecer las capacidades humanas e

institucionales existentes, de tal modo que se asegure el cumplimiento de las medidas propuestas con la intervención de la comunidad.

- **Proyecto prácticas para conservación de suelos**

Existen algunas técnicas para la conservación de los suelos adecuadas en este caso para pendientes mayores basándose en estudios de la FAO, 2000 se debe establecer obstáculos que impidan el escurrimiento del agua lluvia, esto se realiza con la finalidad de mejorar la infiltración para evitar el arrastre del suelo.

Realizando un taller con los productores agrícolas y pecuarios que tienen terrenos ubicados en las zona de baja posibilidad de recarga hídrica con pendiente  $>70^\circ$  con relieve escarpado, en donde se verificó mediante las inspecciones de salidas de campo la pérdida de una fuente de agua en el sector perteneciente a la comunidad de Cachimuel.

La falta de prácticas de conservación según Carrasco, 2010 hace necesario la implementación de las siguientes técnicas:

- a) Surcos en curvas de nivel evitando que el agua se escurra por las laderas hacia las partes bajas arrastrando fácilmente partículas de suelo.
- b) Zanjas de infiltración la implementación de estas acequias servirá para recoger agua que corre por las laderas penetrando en el suelo.
- c) Barreras vivas constituidas por plantas perennes establecidas en laderas contra la pendiente de modo que contrarrestan la erosión al colocarlas en forma transversal a la pendiente.

Las posibles fuentes de financiamiento se muestran en el Cuadro 4.34.

**Cuadro 4. 34. Presupuesto referencial para mejorar la capacidad de infiltración del agua en el suelo**

<b>Descripción</b>	<b>Beneficiarios</b>	<b>Fuentes de financiamiento</b>	<b>Valor Total (\$)</b>	<b>Plazo ejecución (meses)</b>
Taller de socialización de prácticas de conservación de suelos	Productores agrícolas, pecuarios y comunidades de la parroquia de San Rafael de la Laguna	MAGAP y Prefectura de Imbabura, SENAGUA	8 000,00	3
Mingas para realizar las prácticas de conservación de suelos			20 000,00	9
<b>Costo total</b>			<b>\$28 000,00</b>	<b>11 meses</b>

Elaborado por: La autora

#### **4.6.11. Área de muy baja posibilidad de recarga hídrica**

Esta área corresponde a 12,63 ha en donde su cobertura vegetal y uso del suelo es de cultivos de maíz, frutillas y áreas en proceso de erosión, presenta formaciones geológicas de cangahua constituido por depósitos de toba volcánica, del tipo de suelo inceptisol con textura media franco limosa y alto contenido de materia orgánica.

##### **4.6.11.1. Estrategia de control y recuperación de áreas degradadas**

Para controlar y recuperar áreas degradadas se tomará medidas de reforestación en áreas de muy baja posibilidad de recarga hídrica y en fuentes de agua que necesiten cobertura vegetal para su protección biológica.

- **Proyecto de reforestación con especies nativas**

La reforestación se efectuará mediante talleres participativos involucrando a los propietarios de los terrenos y realizando recorridos para determinar los remanentes de vegetación de flora nativa que se pueden encontrar en las quebradas y bosques nativos e identificando el tipo de especies que se adapta a las

condiciones climáticas y biofísicas. Las actividades para realizar la reforestación son:

#### **a) Elección de los sitios a reforestar**

Se realizará salidas de campo hacia el área de muy baja posibilidad de recarga localizada en las comunidades de: San Miguel Alto, Mushuk Ñan, Capilla Pamba, Cachimuel y Tocagón, mediante el involucramiento de los propietarios de los terrenos y entidades públicas como Prefectura de Imbabura quienes aportarán con los lineamientos necesarios para realizar la siembra con especies nativas, en donde según las condiciones ambientales para reforestar con especies nativas en los andes ecuatorianos (Cuadro 4.45), se puede plantar: Aliso (*Alnus acuminata*), Quishuar (*Buddleja incana*), Pumamaqui (*Oreopanax ecuadoriensis*), Cedro (*Cedrela montana*) y Romero (*Diplostephyum sp.*).

Como parte de este proyecto también se realizará la reforestación en las fuentes de agua: Alisopugyo, Pushipugyo1, Pushipugyo2, Jatunpugyo, Cocobantsig, Turupamba, Yanajakcha, Jucsiuco, Piaura, Alpachaca, Torouco, Pogyorodio, tomando en cuenta las condiciones ambientales de adaptabilidad, crecimiento y desarrollo de cada especie.

Mediante talleres participativos contando con el involucramiento de los propietarios se elegirán los sitios ubicándose a un radio de 200 metros cuadrados alrededor de las fuentes de agua en donde se pueden plantar 15 especies nativas seleccionadas según las condiciones ambientales y separadas entre cada especie nativa por 2,5m y 2m.

#### **b) Selección de plántulas a reforestar de acuerdo a sus condiciones ambientales**

Se determinaron los sitios para reforestar con especies nativas según las condiciones ambientales, indicadas en el Cuadro 4.35.



**Cuadro 4. 35. Condiciones ambientales para reforestar con especies nativas en los andes ecuatorianos**

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Humedad</b>	<b>Suelos</b>	<b>Uso medioambiental</b>
Aliso	<i>Alnus acuminata</i>	1200-3450	7-20	Variable	Textura arenosa, a veces pedregosa	Árbol de 10 m recupera suelos, cercas, barreras de soportes, refugio de sombra.
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	2300-3400	9-17	Moderada	Suelo alcalino a neutro, textura franco arenosa	Árbol de 8 m sistemas agroforestales, conserva el suelo, humedad y fertilidad del suelo, cercas, barreras de soportes.
Mortiño	<i>Hesperomeles sp.</i>	2.200-3400	12-18	Media	Suelo húmedo	Arbusto de 1,50 m mantiene el sitio húmedo.
Capulí	<i>Vallea stipularis</i>	2500-2900	14-22	Baja	Arenoso o arcilloso cascajoso	Árbol de 6 m para agroforestería, cercas vivas y cortinas rompevientos
Romero	<i>Diplosthephyum sp</i>	2300-3285	10-15	Baja	Ligero, permeable, alcalino.	Arbusto de 2 m para cercas, barreras de soportes, sistemas agroforestales.
Yagual	<i>Polylepis sp</i>	3200-3400	9-12	Baja	Suelo pobre, tolera la pedregosidad	Árbol de 5 m utilizado en cercas vivas, protegen de las heladas
Laurel de cera	<i>Ocotea sp.</i>	1700-3900	12-18	Media	Franco arenosos, arcillosos, drenados	Árbol de 10 m se planta en taludes, linderos y sistemas silvopastoriles, restaura bosques
Arrayán	<i>Myrciantes rhopaloides</i>	2900-3100	12-19	Media neblina	Suelo negro arcilloso, arenoso	Árbol de 10 m para forestar sistemas silvopastoriles, conserva el agua.
Cedro	<i>Cedrela montana</i>	2300-3300	12-20	Media	Húmedo, bien drenado con textura arcillosa	Árbol de 10 m utilizado en cortinas rompevientos y cercas vivas, su hojarasca mejora la infiltración del suelo
Pumamaqui	<i>Oreopanax ecuadoriensis</i>	2800-3900	9-12	Media	Suelo negro limoso, arena fina.	Árbol de 5 m conservación cuencas hidrográficas
Molle	<i>Schinus molle.</i>	1000-2500	15-22	Media	Suelo de textura franco o (franco-arenosa).	Árbol de 6 m utilizado en cercas vivas para cobijos de los cultivos, cortinas rompevientos, forma suelos.

**Fuente: Aguilar Z. P., 2009**

**Elaborado por: La autora**

Las especies nativas que se adaptan con mayor facilidad de acuerdo a las condiciones ambientales y características fisiológicas que poseen según el Cuadro 4.35 son:

La especie del Laurel de cera (*Morella pubescens*), Arrayán (*Myrciastes rhopaloides*), Cedro (*Cedrela montana*) y Aliso (*Alnus acuminata*) se puede plantar en taludes, linderos, cercas vivas y sistemas silvopastoriles se recomienda plantar a una distancia de 300 m. a la redonda de la fuente de agua de Pogyorodio, como cercas vivas alrededor de los cultivos de ubicados cerca de la fuentes de: Jucsiuco y Cocobantsig para dar sombra a sus nacimientos. Las características biofísicas de estas fuentes localizadas a una altitud promedio de 2800 msnm, temperatura entre 12-20°C, pendientes pronunciadas, con vegetación arbustiva, suelo de textura arcillo arenosa fina son adecuadas para la siembra y desarrollo de la plantas

Las especies de Quishuar (*Buddleja incana*), Mortiño (*Vaccinium floribundum*), Romero (*Diplostephyum sp*), Yagual (*Polylepis sp*) y Pumamaquí (*Oreopanax ecuadoriensis*) se recomienda plantar en sistemas agroforestales, para conservar el suelo, mantiene la humedad y fertilidad del suelo, como cercas y barreras de soportes, para proteger de las heladas y conservar las cuencas hidrográficas en las fuentes de Piaura, Alpachaca, Torouco, Turupamba y Yanajakcha en donde se determinaron características biofísicas de altitud promedio de 3450 msnm, temperatura entre 6 y 12° C, cobertura vegetal de páramo, tipo del suelo de color parduzco oscuro formado de cenizas volcánicas recientes, suaves y permeables con alto contenido de materia orgánica.

Las especies de Aliso (*Alnus acuminata*), Capulí (*Vallea stipularis*), Molle (*Schinus molle*) son utilizadas en cercas vivas para cobijos de los cultivos, cortinas rompevientos, recuperan y forman suelos, para agroforistería, refugio de sombra y para fijar nitrógeno se pueden plantar en la parte baja cerca de las fuentes de agua de Alisopugyo, Pushipugyo1, Pushipugyo2 y Jatunpugyo con características biofísicas de altitud promedio de 2700 msnm, temperatura entre 12-22°C, tipo de

suelo color oscuro con texturas arcillo arenosas o limosas con gravas y piedras, cobertura vegetal de cultivos y humedal.

### c) Adquisición de especies nativas para reforestar cerca de fuentes de agua

A través de la gestión oportuna en la Subdirección de Gestión ambiental de la Prefectura de Imbabura se solicitará las plantas necesarias para ejecutar la reforestación, en caso de que el Vivero Forestal de Cotacachi no tenga una de las especies requeridas se buscará en otros viveros, las especies que serán plantadas en cada sitio de recarga hídrica se detallan en el Cuadro 4.36.

**Cuadro 4. 36. Especies nativas solicitadas para realizar la reforestación**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Área (ha)</b>
Plantas nativas para fuentes hídricas de: Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2 y Jatunpugyo		
Aliso ( <i>Alnus acuminata</i> )	45	1
Capulí ( <i>Vallea stipularis</i> )	30	0,66
Molle ( <i>Schinus molle</i> )	20	0,44
Plantas nativas para fuentes hídricas de: Piaura, Alpachaca, Torouco, Turupamba y Yanajakcha		
Quishuar ( <i>Buddleja incana</i> )	40	0,88
Mortiño ( <i>Vaccinium floribundum</i> )	40	0,88
Romero ( <i>Diplosthephyum sp</i> )	40	0,88
Yagual ( <i>Polylepis sp</i> )	40	0,88
Pumamaqui ( <i>Oreopanax sp</i> )	40	0,88
Plantas nativas para fuentes de agua de: Pogyorodio, Jucsiuco y Cocobantsig		
Laurel de cera ( <i>Morella pubescens</i> )	50	1,11
Arrayán ( <i>Myrciantes rhopaloides</i> )	50	1,11
Cedro ( <i>Cedrela montana</i> )	50	1,11
Aliso ( <i>Alnus acuminata</i> )	80	1,77
<b>TOTAL</b>	<b>520</b>	<b>11,63 ha.</b>

Elaborado por: La autora

#### **d) Mingas de reforestación y monitoreo de las plantas nativas sembradas**

Las plantaciones de las especies nativas se realizarán colocando banderines para identificar el sitio de plantación de cada especie nativa para las arbóreas se determinará un distanciamiento de: 2 m por 2,5 m de y especies arbustivas a 1m por 1m., ejecutando mingas comunitarias que se encarguen de reforestar y monitoreando las plantas sembradas en las inspecciones hacia las fuentes de agua. El presupuesto necesario para realizar la reforestación se indica en el Cuadro 4.37

**Cuadro 4. 37.Presupuesto para reforestar con especies nativas cerca de las fuentes de agua**

Descripción	Beneficiarios	Fuentes de financiamiento	Valor Total (\$)	Plazo ejecución (meses)
Elección de sitios para realizar la reforestación	Propietarios agropecuarios	MAE	3 000,00	3
Selección de plántulas a reforestar de acuerdo a sus condiciones ambientales	Comunidades de la parroquia de San Rafael de la Laguna	Prefectura de Imbabura y MAE	3 000,00	2
Adquisición de especies nativas para reforestar cerca de las fuentes de agua	Comunidades de la parroquia de San Rafael de la Laguna	Prefectura de Imbabura y MAE	4 000,00	2
Mingas de reforestación y monitoreo de las plantas nativas sembradas	Comunidades de la parroquia de San Rafael de la Laguna	Prefectura de Imbabura	10 000,00	5
			\$20 000,00	11 meses

Elaborado por: La autora

#### **4.6.12. Presupuesto de la Propuesta de Conservación y Recuperación Ambiental de la Zona de Reserva Hídrica**

En el Cuadro 4.38 se señala el cronograma de inversión mensual para las estrategias y proyectos con su posible fuente de financiamiento, plazo de ejecución y costo de acuerdo a la demanda expuesta por la población y la determinación de zonas de recarga hídrica, servirá como referente para realizar el control y seguimiento de la ejecución de proyectos. El costo estimado es de ciento dieciocho mil dólares americanos 118 000,00 USD.

**Cuadro 4. 38.Presupuesto general de la propuesta de conservación y recuperación ambiental de la zona de importancia hídrica**

<b>Estrategias</b>	<b>Proyectos</b>	<b>Posibles fuentes de financiamiento</b>	<b>Plazo de ejecución (meses)</b>	<b>Costo (\$)</b>
Estrategia de conservación, regularización y control del recurso hídrico para consumo humano	Proyecto de protección física de las fuentes de agua	GAD de San Rafael de la Laguna y SENAGUA, EMAPA-O	6	5 500,00
	Proyecto de monitoreo de la calidad del agua de las fuentes hídricas		6	5 500,00
Estrategia de conservación y manejo de ecosistemas frágiles	Proyecto de conservación del páramo	GAD de San Rafael de la Laguna y SENAGUA	9	7 000,00
Estrategia de uso adecuado de la frontera agrícola	Proyecto determinación de perímetros de protección de fuentes de agua	Prefectura de Imbabura y SENAGUA, MAGAP	11	20 000,00
Estrategia de manejo de las prácticas agropecuarias	Proyecto de realización de buenas prácticas agropecuarias	MAGAP y Prefectura de Imbabura, SENAGUA EMAPA-O	6	25 000,00
Estrategia de manejo de la pérdida del área receptora del recurso hídrico	Proyecto de prácticas para conservación de suelos	Productores agrícolas, pecuarios y comunidades de la parroquia de San Rafael de la Laguna	11	28 000,00
Estrategias de control y recuperación de áreas degradadas	Proyecto de reforestación con especies nativas	Prefectura de Imbabura y MAE	11	20 000,00
Monitoreo de la propuesta de conservación y recuperación ambiental de la zona de importancia hídrica			5 años	7 000,00
<b>Costo total</b>				<b>\$118 000</b>

**Elaborado por: La autora**

## **CAPITULO V**

### **5. CONCLUSIONES**

En el área de estudio de la cuenca Imbakucha del Lago San Pablo se determinaron seis zonas de posibilidad de recarga hídrica. Las áreas de recarga media fueron las fuentes de Alisopugyo, Pogyorodio, Cocobantsig, Jucsiuco, Yanajakcha. Las fuentes con posibilidad de recarga hídrica alta fueron Turupamba, Torouco, Piaura, Alpachaca; y las fuentes con posibilidad de recarga hídrica muy alta fueron las fuentes de Pushipugyo1, Pushipugyo2 y Jatunpugyo.

El diagnóstico participativo de la zona de reserva hídrica reveló atención de primera prioridad en: Pushipugyo1, Alisopugyo, Pushipugyo2, Jatunpugyo, Torouco y Jucsiuco y segunda prioridad son: Piaura, Alpachaca, Pogyorodio, Turupamba, Yanajakcha y Cocobantsig.

La comparación de los caudales pequeños demuestra en la fuente de captación Cocobantsig un caudal mayor de 7,90 l/s registrado en época lluviosa que disminuyó a 7,15 l/s en época seca, sin embargo en la fuente de Alisopugyo se registró un caudal menor de 0,54 l/s en época lluviosa disminuyendo a 0,41 l/s en época seca. Los resultados de la prueba de t indican que existe una significancia al 1% y al 5% es decir que existe una diferencia del caudal en las fuentes hídricas.

En el análisis se logró determinar que pH, Turbidez, Nitritos, Nitratos, Amonio, cumplen con las normas ambientales del Ecuador. En cambio los parámetros Color, Sólidos Totales Disueltos, Hierro, Sulfatos, Fosfatos Coliformes totales y

*E. coli* no cumplen con las normativas. Existe un desbalance en estos parámetros que afecta la transparencia, sabor, crecimiento acelerado de algas e indica contaminación fecal.

El desarrollo y socialización de la propuesta de conservación y recuperación ambiental está orientada en manejar las zonas hídricas implementando proyectos y actividades para mejorar la cantidad y calidad de las fuentes de agua contando con el fortalecimiento organizativo de los actores claves del GAD de San Rafael de la Laguna y entidades gubernamentales y no gubernamentales

## **CAPÍTULO VI**

### **6. RECOMENDACIONES**

Para obtener un estudio completo se sugiere examinar otro método de recarga hídrica utilizando datos climáticos, pruebas de infiltración con el método de anillo doble, cuantificación de la escorrentía superficial y una clasificación de los suelos.

En el diagnóstico participativo es necesario contar con el apoyo técnico para realizar talleres participativos en donde se explique la metodología para priorizar problemas y se planteen posibles soluciones de las fuentes de agua.

Para mejorar la calidad del agua se recomienda monitorear el análisis físico-químicos y microbiológicos dos veces al año y llevar un control del manejo del cloro residual una vez por semana por las JAAPs y una vez por mes por el GAD o MSP.

Incluir dentro de las obligaciones de la Empresa Comunitaria de Agua Potable y Alcantarillado de San Rafael de la Laguna ECAPASR y JAAPs llevar un registro del caudal de las fuentes hídricas que abastecen con agua para consumo humano realizado dos veces por año en época seca y lluviosa mediante el método volumétrico y molinete empleando acciones para mejorar la retención del agua.



Gestionar el apoyo técnico y financiamiento de entidades gubernamentales y no gubernamentales para ejecutar los proyectos propuestos enfocados en el manejo de las zonas hídricas y aprovechamiento sustentable del recurso hídrico de las fuentes de agua que sirvan en el involucramiento de las comunidades.

## CAPÍTULO VII

### 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C. (Septiembre de 2012). Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para agua apta para consumo humano de concepción Quezaltepeque, Chalatenango. San Salvador, El Salvador, Centro america.
- Aguilar, Z. P. (2009). Guia de plantas útiles de los páramos de Zuleta, Ecuador. *Proyecto de Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Alpacas en los Páramos de Zuleta*. Quito, Pichincha, Ecuador: PPA-EcoCiencia.
- Araneda, R. J. (Noviembre de 2014). Estudio comparativo del régimen hidrológico de tres microcuencas de alta montaña con diferente cobertura vegetal. *Proyecto de graduación previo a la obtención del grado de Ingeniero Civil*. Cuenca, Ecuador.
- Armijos, M. T. (2014). El manejo comunitario del agua en Mojanda, Ecuador: Política, derechos y recursos naturales. *Avances en investigación para conservación en páramos*. Mojanda, Imbabura, Ecuador: CONDENSAN.
- Bauder, J., & Sigler, A. (15 de Noviembre de 2012). *Well educated, educación en el agua de pozo*. Obtenido de Hierro o Fierro total: [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Iron\\_202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Iron_202012-11-15-SP.pdf)
- Bola, A. (2003). *color.htm*. Obtenido de color. htm: <http://arturobola.tripod.com/color.htm#Bibliograf%C3%ADa>
- Braulete, G. (16 de Abril de 2013). Listas de chequeo. Quito, Imbabura, Ecuador.
- Carrasco, J. (2010). *Practicas de conservación de suelos*. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28124.pdf>

- Carrasco, W. d. (2011). Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá. *Centro Agronómico Tropical*. Turrialba, Costa Rica.
- CEPAL. (Julio de 2008). *Multicriteriocompleta.ppt*. Obtenido de Multicriteriocompleta.ppt:[https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAAahUKEwibxfPD3r\\_IAhWGbR4KHcPFDwE&url=http%3A%2F%2Fwww.cepal.org%2Ffilpes%2Fnoticias%2Fpaginas%2F7%2F29837%2FMetodolog%25C3%25ADa\\_Multicriteriocompleta.ppt&usg=AFQ](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAAahUKEwibxfPD3r_IAhWGbR4KHcPFDwE&url=http%3A%2F%2Fwww.cepal.org%2Ffilpes%2Fnoticias%2Fpaginas%2F7%2F29837%2FMetodolog%25C3%25ADa_Multicriteriocompleta.ppt&usg=AFQ)
- Cevallos, M. P. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de San Rafael de la Laguna*. Otavalo.
- Chambers. (1 de Agosto de 2014). *Wikipedia*. Recuperado el 14 de Agosto de 2014, de Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cartograf%C3%ADa\\_participativa](http://es.wikipedia.org/wiki/Cartograf%C3%ADa_participativa)
- Chimbolema, S., Suarez, D., Peñafiel, M., Acuario, C., & Paredes, T. (2013). Guía de plantas de la Reserva ecológica el Angel. El Angel, Carchi, Ecuador.
- Centro Científico Tropical CCT. (1991). La depreciación de los recursos naturales en Costa Rica y su relación con el sistema de cuentas nacionales. *Centro Científico Tropical*. San José, Costa Rica.
- Corponariño. (2002). Plan de Ordenamiento y Manejo de la microcuenca las Minas, Cuenca alta del Río Pasto. *Documento pdf*, 36-37.
- Ecociencia. (2008). Plan de Manejo y Desarrollo de la zona de Mojanda. *Proyecto Páramo Andino. Conservación de la diversidad en el techo de los Andes*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Estrada, A. (2011). Diagnostico Participativo de Gestión Integrada de Recursos Hídricos para el Desarrollo Económico en Mancomunidades. *Grupo integral de recursos hidricos*, 10.
- FAO. (2000). Manual de practicas integrales de manejo y conservación de suelos. *Boletín de tierras y aguas de la FAO*. Roma, Italia.

- Flores, F. (8 de Octubre de 2009). Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos del páramo de Sumapaz. *Programa de Ingeniería Agronómica*. Colombia.
- Franz, L. (Dirección). (2011). *Delimitar una cuenca hidrografica en ArcGIS* [Película].
- GAD de San Rafael. (Septiembre de 2011). PDOT de San Rafael de la Laguna. *Plan de Desarrollo Turístico Integral de la parroquia San Rafael de la Laguna*. Otavalo, Imbabura, Ecuador.
- Gómez, O. F. (Dirección). (2012). *Matriz DOFA* [Película].
- González Carrasco, W. d. (2011). Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá. *Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado como requisito para optar por el grado de Magister Scientiae en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas*. Turrialba, Costa Roca: CATIE.
- Guzmán M., A., & Díaz A. (24, 25 de Agosto de 2007). Identificación de areas de recarga acuífera y zonas de protección de los manantiales del cantón central de Cartago. *IX Congreso Nacional de Ciencias* . Cartago, Costa Rica.
- Holdridge, L. R. (12 de Marzo de 1999). *Zonas de Vida*. Obtenido de Zonas de Vida:  
<http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea02s/ch21.htm#TopOfPage>
- IGM. (12 de Noviembre de 2014). Instituto Geografico Militar del Ecuador, Cartografía base. Quito, Imbabura, Ecuador.
- INAMHI. (2006). *anuario meteorologico*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- INAMHI. (2010). *anuario meteorologico*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos* . Recuperado el 23 de Abril de 2014, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-2010>.

- INEN. (Julio de 2010). *Instituto Nacional Ecuatoriano de Normatización*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2014, de pdf: <http://isa.ec/pdf/NORMAINEN1108-2011AGUAPOTABLE.pdf>
- Instituto Politécnico Nacional de la Secretaria Técnica . (15 de 03 de 2002). *Análisis\_FODA*. Obtenido de Análisis \_FODA: [http://www.uventas.com/ebooks/Analisis\\_Foda.pdf](http://www.uventas.com/ebooks/Analisis_Foda.pdf)
- Junta de Castilla León. (28 de Junio de 2012). *Los nitritos y los nitratos y el agua de consumo*. Obtenido de Agencia de Protección de la salud y Seguridad alimentaria: <http://www.elaguapotable.com/Los%20nitratos%20y%20los%20nitritos%20y%20el%20agua%20de%20consumo.pdf>
- Junta de Castilla León. (28 de Junio de 2012). *Los nitritos y los nitratos y el agua de consumo*. Obtenido de Agencia de Protección de la salud y Seguridad alimentaria: <http://www.elaguapotable.com/Los%20nitratos%20y%20los%20nitritos%20y%20el%20agua%20de%20consumo.pdf>
- Kliger, W., Ramirez, G., America, L., & Vargas, L. (Diciembre de 2012). Caracterización ecológica y sociocultural del páramo de frontino o del sol. Colombia, Chocó, Quibdó: Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico.
- Lab. de Química Ambiental Ideam. (Julio de 1997). *Drdoctorlabs*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de Drdoctorlabs: [http://www.drcaideronlabs.com/Metodos/Analisis\\_De\\_Aguas/Toma\\_De\\_Muestras.htm](http://www.drcaideronlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Toma_De_Muestras.htm)
- Laboratorio ECCA, (2014). Análisis de la calidad de las fuentes de agua de la parroquia San Rafael de la Laguna, Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Leakovic, S., & otros. (2000). *Nitrogen removal from fertilizer wastewater by ion exchange*. Obtenido de Nitritos: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs126.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs126.html)
- Lenntech. (Mayo de 2011). *Tratamiento y purificación del agua*. Obtenido de sulfatos: <http://www.lenntech.es/sulfatos.htm>

- Life Rural Supplies, (2009). *Soluciones Sostenibles para pequeñas redes de abastecimiento*. Obtenido de ruralsupplies: <http://ruralsupplies.eu/4-informacion-al-usuario/abastecimiento-autonomo/08-establecimiento-de-perimetros-de-proteccion>.
- MAGAP. (15 de Octubre del 2014). Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca, Cartografía base. Quito, Imbabura, Ecuador
- Martel, B. (2010). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.
- Mattus, O., (2007). Metodología para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas. Validación en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. *Comunicación Técnica*, 55.
- Mena, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. *Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN)*, 92.
- Mena, P., & Medina, G. (2000). *La Biodiversidad de los Páramos en el Ecuador*. microcuencas de alta montaña con diferente cobertura vegetal. *Proyecto de graduación previo a la obtención del grado de Ingeniero Civil*. Cuenca, Ecuador.
- Morales, S. M. (17 de Noviembre de 2011). Zonificación ecológica ambiental del cantón Otavalo, del cantón Otavalo, provincia Imbabura. Imbabura, Ecuador: Tesis.
- Navatornel, C. (4 de Junio de 2014). *weebly*. Obtenido de weebly: [http://carlosalbertonavatornel.weebly.com/uploads/2/6/1/8/26186377/matrices\\_de\\_priorizacin.pdf](http://carlosalbertonavatornel.weebly.com/uploads/2/6/1/8/26186377/matrices_de_priorizacin.pdf)
- Otálvaro, M., Otálvaro, D., & Navarro, L. (2014). Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Grupo de divulgación de conocimiento y cultura ambiental- Centro de documentación*. Bogotá , Colombia : Imprenta Nacional de Colombia.
- Plan Nacional de buen vivir. (2013). *buenvivir.gob.ec*. Obtenido de buenvivir.gob.ec: <http://www.buenvivir.gob.ec/herramientas>
- Putz, P. (16 de 02 de 2010). *Interempresas.net*. Obtenido de Interempresas.net : <http://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>

- Ramos, C. (31 de 01 de 2012). *Prueba t de student para datos relacionados*.  
Obtenido de <http://es.slideshare.net/niko54-sagitario/prueba-t-de-student-para-datos-relacionados>
- Recharte, J., Torres, J., & Medina, G. (2000). “Los Páramos como fuente de Agua, Mitos, Realidades, Retos y Acciones”. *II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes* (págs. 9-10). Lima: CONDESAN.
- Rodriguez, & Erazo. (29 de Mayo de 2011). *Blogspot*. Recuperado el 14 de Mayo de 2014, de Blogspot: <http://zonaholdridge.blogspot.com/>
- Rosero, B., & Cuamacas, D. (Octubre de 2008). Propuesta de plan de Manejo de los Recursos Naturales Renovables de la estación experimental la Favorita, Provincia de Pichincha. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Saquicela, F., & Velepucha, R. (2003). *Diseño mecánico e hidraulico de la rueda*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2014, de Dspace: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/799/3/CAPITULO%20I.pdf>
- Segarra, P. (2001). Mapeo participativo involucrando a la comunidad en el manejo del páramo. *Iapad*, 494-495.
- Segundo Suplemento. (2014). *Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Quito: Registro Oficial N°305.
- SNI. (2013). *sni.gob.ec*. Obtenido de [sni.gob.ec](http://sni.gob.ec/coberturas): <http://sni.gob.ec/coberturas>
- Tena, M. d., López, G., & Torres, F. (2011). Construyendo propuestas para la conservación del páramo desde: lo comunal a lo nacional. *Serie: Conservatorios sobre el ecosistema páramo*, 38. Franz, L. (Dirección). (2011). *Delimitar una cuenca hidrografica en Arcgis* (Película).
- Tocagón, R., Rivadeneira, J., Chiles, A., Puetate, K., Falconí, O., & Cando, K. (2012). Buenas practicas para la gestión de los páramos de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. En M. Rodríguez, A. Vásquez, R.
- TULSMA. (2010). Texto Unificado de Legislación Ambiental. (TULSMA). En *Libro VI, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA* (págs. 10-11). Quito.
- UICN, (2009). Manual de Procedimientos de Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas. Recuperado de:

[http://portal.sni.gob.ec/c/document\\_library/get\\_file?uuid=701d73bc-951b-4f74-9713-d001e76ac040&groupId=10156](http://portal.sni.gob.ec/c/document_library/get_file?uuid=701d73bc-951b-4f74-9713-d001e76ac040&groupId=10156)

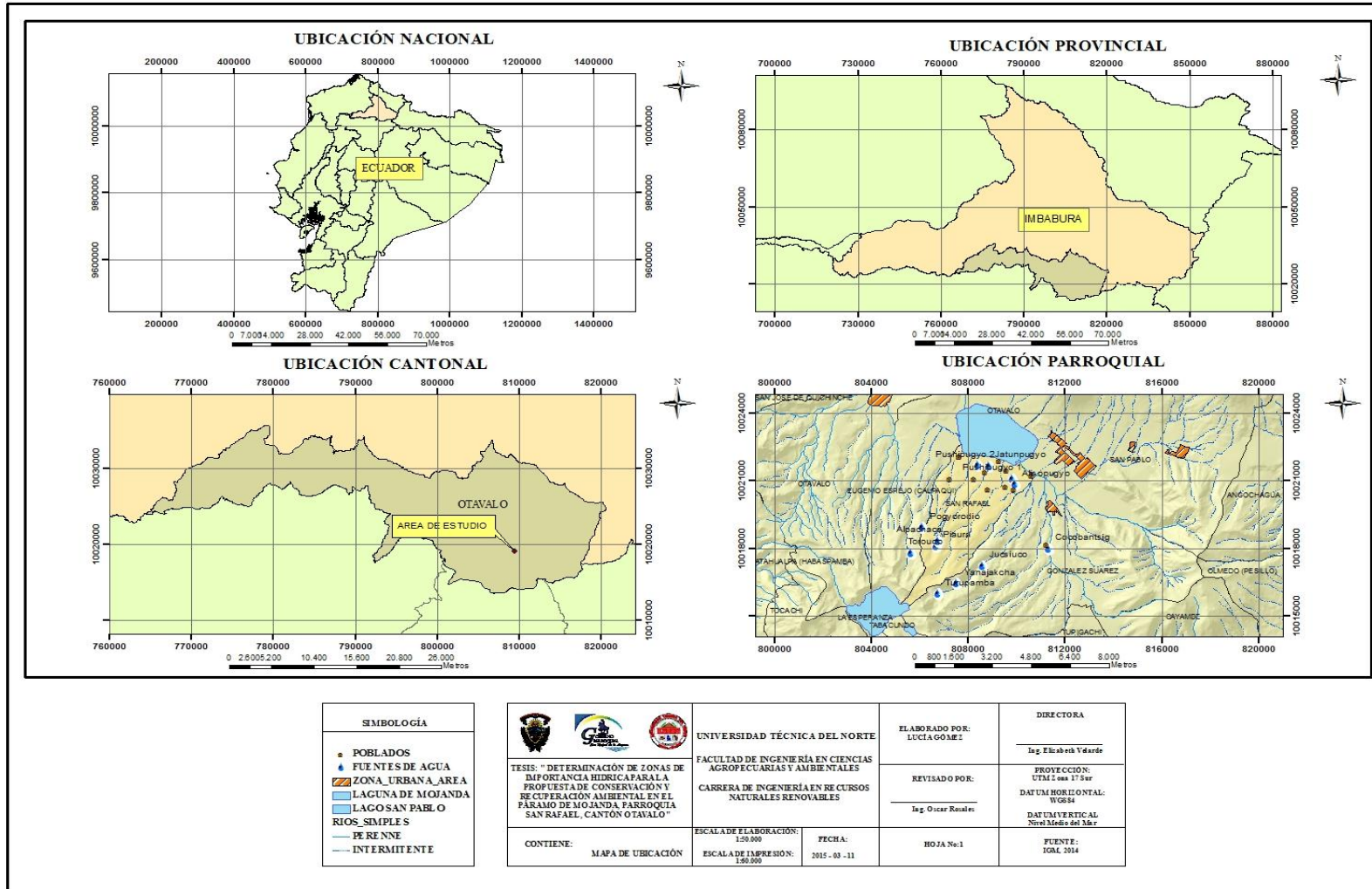
Vasquez del Castillo, N. (2008). *Plan de Ordenamiento Territorial Participativo para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión Balalaica, Turrialba*. Costa Rica: Soluciones para el ambiente y desarrollo.



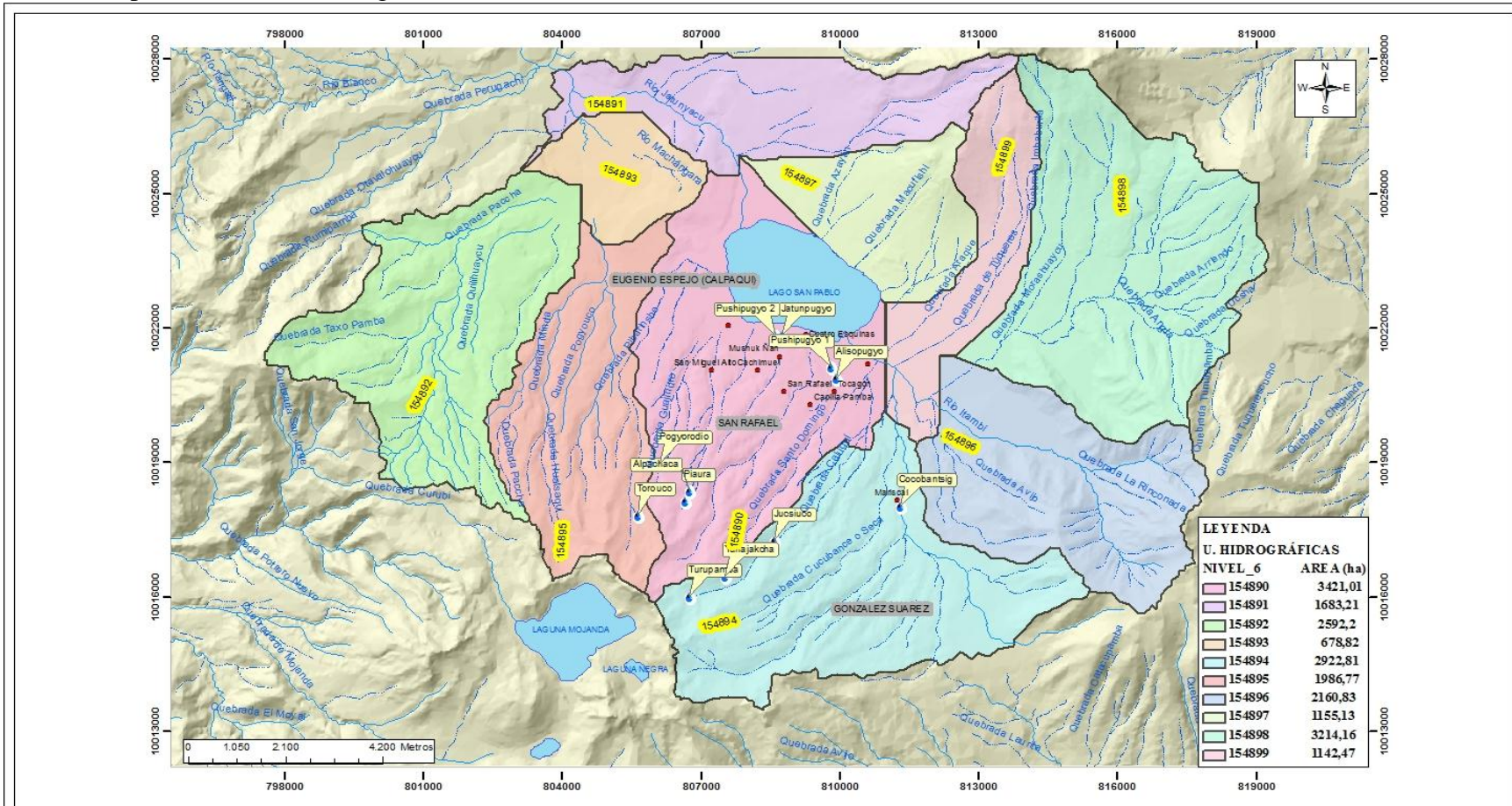
# **ANEXOS**

# ANEXO 1: MAPAS

## MAPA 1: Mapa de ubicación



MAPA 2: Mapa de Unidades Hidrograficas nivel 6



**SIMBOLOGÍA**

- FUENTE DE AGUA
- POBLADOS
- RÍOS SIMPLES
- PERENNE
- INTERMITENTE
- LAGUNA MOJANDA
- LAGO SAN PABLO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**TESIS: " DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA LA PROPUUESTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PARAMO DE MOJANDA, PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OJAVALLO "**

**CONTIENE:**  
 MAPA DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS NIVEL 6

**ELABORADO POR:**  
 LUCÍA GOMEZ

**REVISADO POR:**  
 Ing. Oscar Rosales

**ESCALA DE ELABORACIÓN:**  
 1:20.000

**ESCALA DE IMPRESIÓN:**  
 1:50.000

**FECHA:**  
 2015-03-11

**HOJA No.:**  
 2

**DIRECTORA**  
 Ing. Elizabeth Valverde

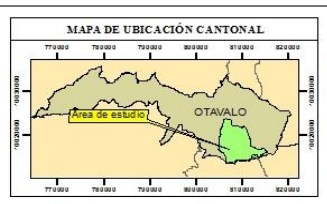
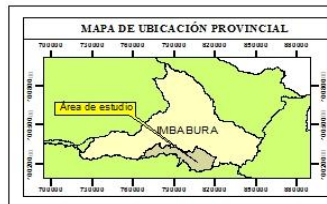
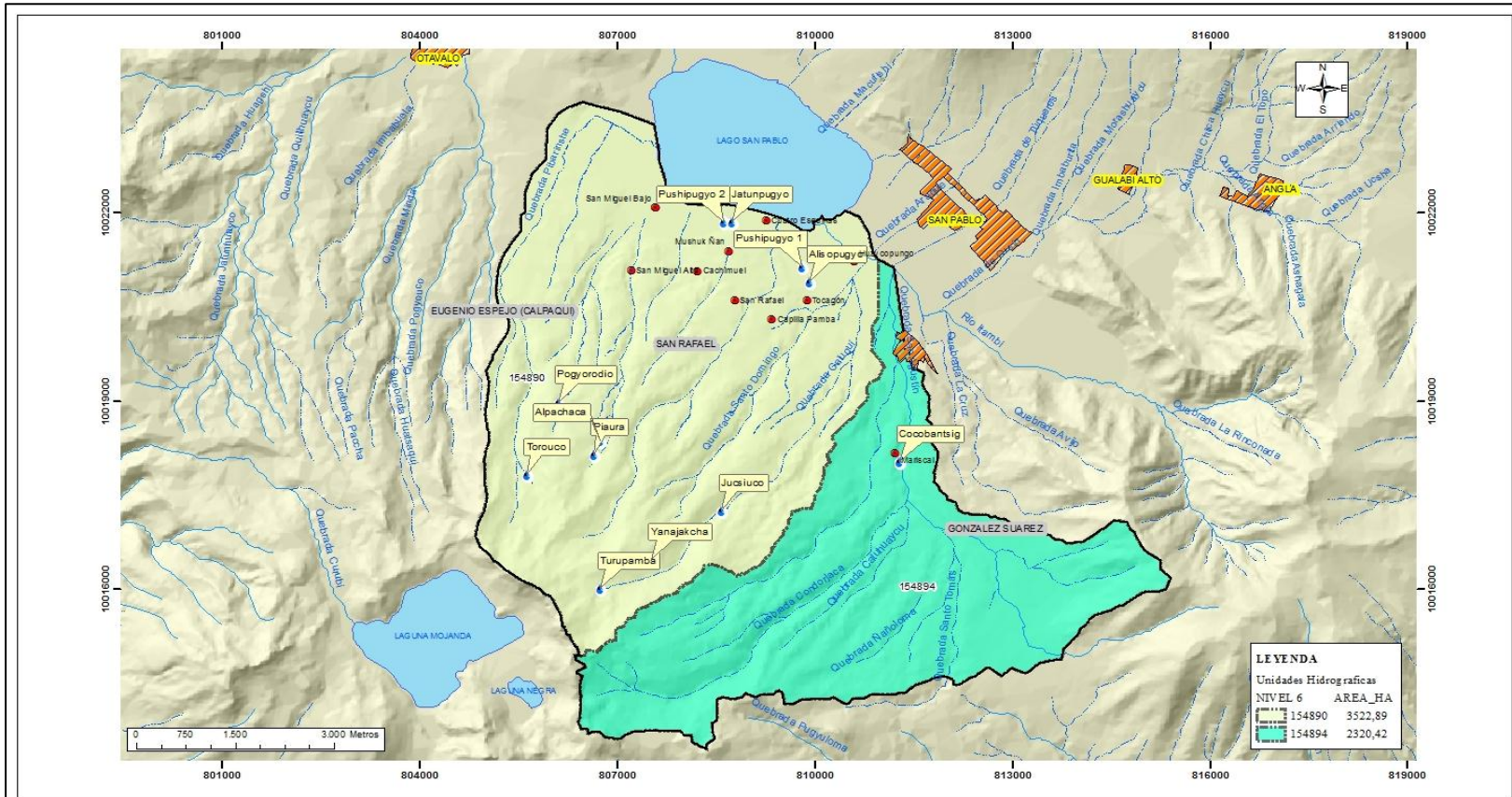
**PROYECCIÓN:**  
 UTM 2 sur 17 Sur

**DATUM HORIZONTAL:**  
 WGS84

**DATUM VERTICAL:**  
 Nivel Medio del Mar

**FUENTE:**  
 SNT, 2014

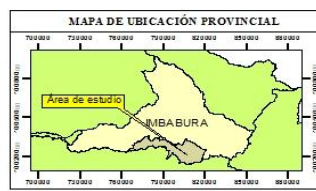
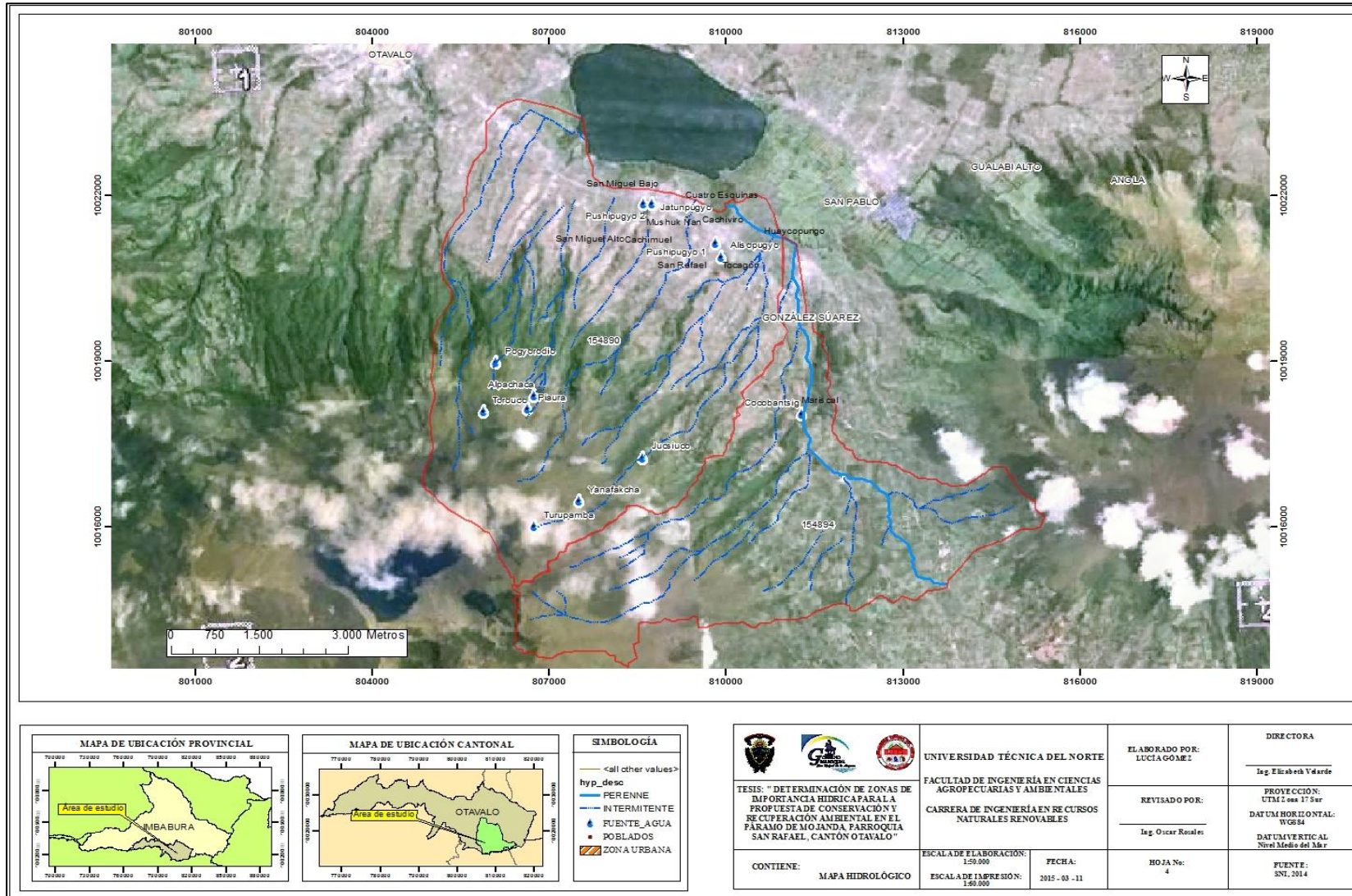
MAPA 3. Mapa de la zona de reserva hídrica



SIMBOLOGÍA	
	FUENTES DE AGUA
	ZONA URBANA
	RESERVA HÍDRICA
	LAGO SAN PABLO
	RIOS SIMPLES
	PERENNE
	INTERMITENTE
	POBLADOS
	LAGUNA MOJANDA

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA EN CURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	ELABORADO POR: LUCIA GOMEZ	DIRECTORA Ing. Elizabeth Vélazquez		
	<p>TESIS: " DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA LA PROYECTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PÁRAMO DE MOJANDA, PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO "</p>	REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales	PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar	
<p>CONTIENE: MAPA DE LA ZONA DE RESERVA HÍDRICA</p>	<p>ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:20.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000</p>	<p>FECHA: 2015 - 03 - 11</p>	<p>HOJA No: 3</p>	<p>FUENTE: SNI, 2014</p>

MAPA 4. Mapa hidrológico



**SIMBOLOGÍA**

- <all other values>
- hyp\_desc
- PERENNE
- INTERMITENTE
- FUENTE\_AGUA
- POBLADOS
- ▨ ZONA URBANA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**TESIS: " DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN Y SE CUERACIÓN AMBIENTAL EN EL PÁRAMO DE MOJANDA, PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO "**

**CONTIENE: MAPA HIDROLÓGICO**

**ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50.000**  
**ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000**

**FECHA: 2015-03-11**

**ELABORADO POR: LUCIA GÓMEZ**  
**REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales**

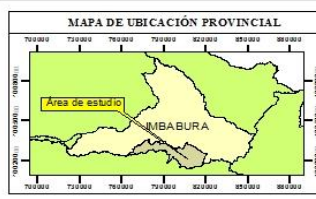
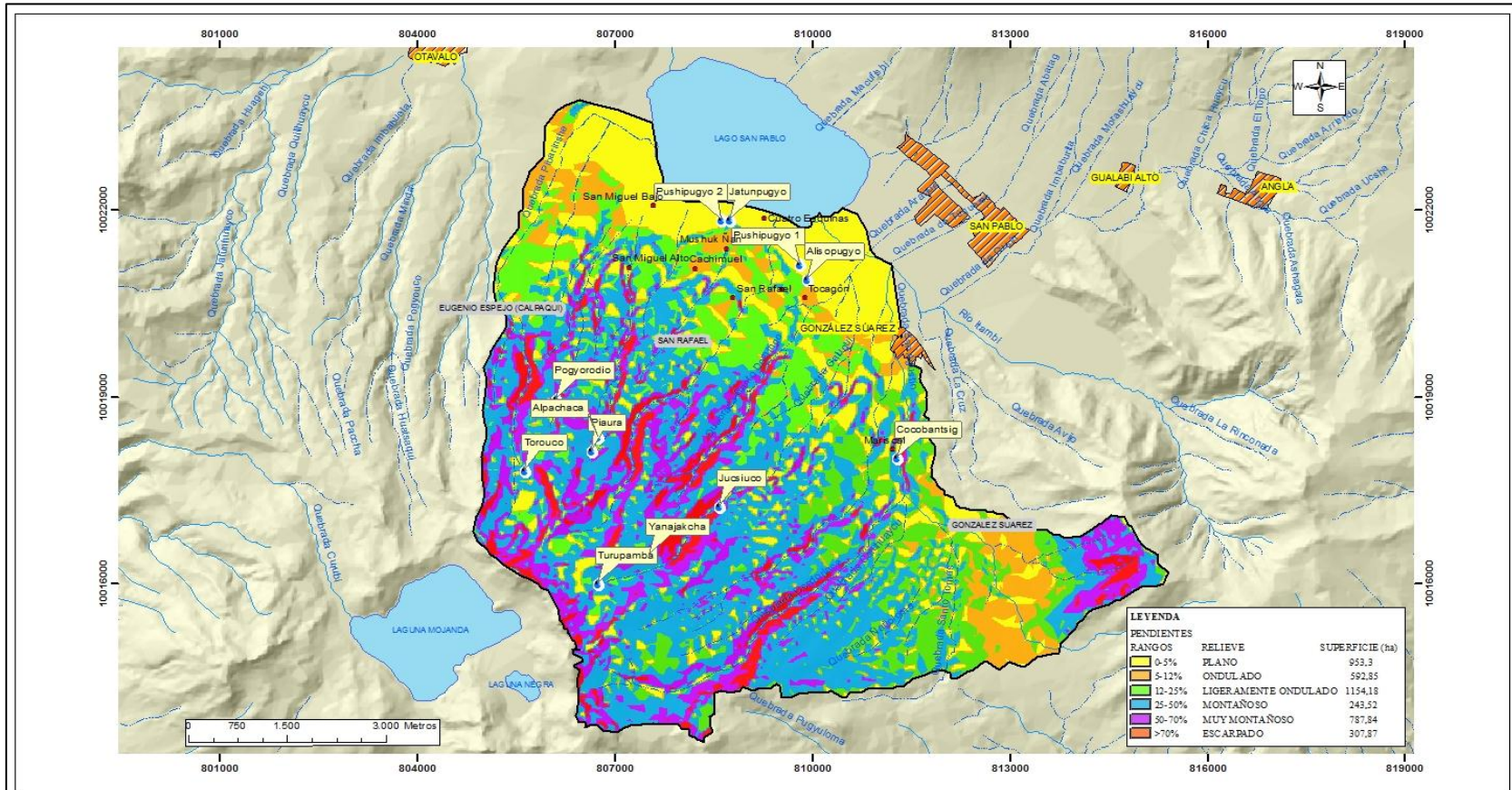
**HOJA No: 4**

**DIRECTORA**  
**Ing. Elizabeth Vélarde**

**PROYECCIÓN: UTM 12 sur 17 Sur**  
**DATUM HORIZONTAL: WGS84**  
**DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar**

**FUENTE: SNI, 2014**

MAPA 5. Mapa de pendientes

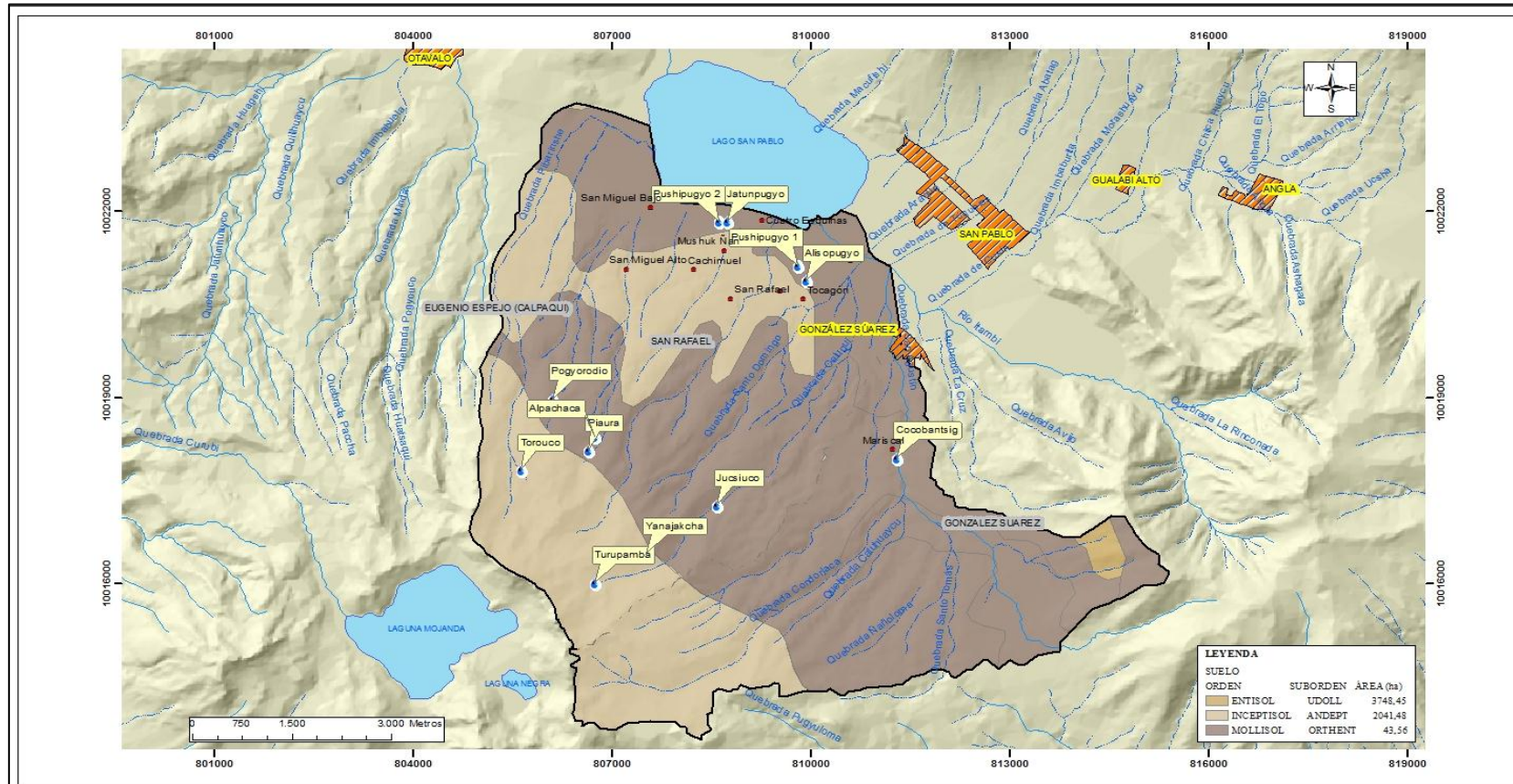


**SIMBOLOGÍA**

- FUENTES DE AGUA
- ZONA URBANA
- RESERVA HIDRICA
- LAGO SAN PABLO
- POBLADOS
- RIOS SIMPLÉS
- PERENNE
- INTERMITENTE
- LAGUNA MOJANDA

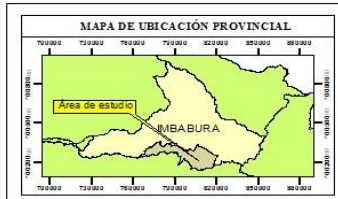
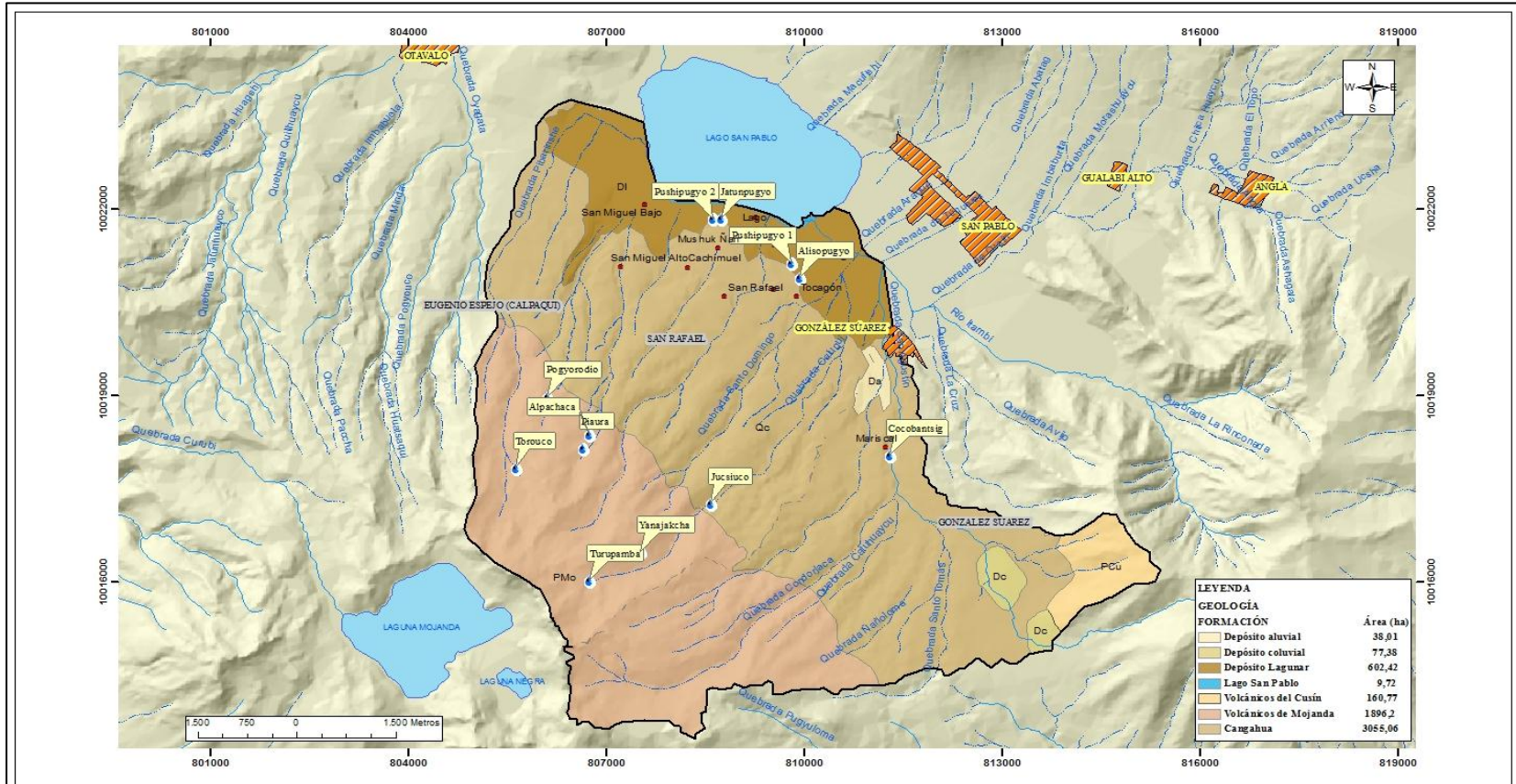
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES	ELABORADO POR: LUCLA GÓMEZ	DIRECTORA Ing. Elizabeth Vélazco
	TESIS: " DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HIDRICA PARA LA PROPOSTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PARAMO DE MOJANDA PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO "	ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000	REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales
CONTIENE: MAPA DE PENDIENTES	FECHA: 2015 - 03 - 11	HOJA No: 5	FUENTE: SNI, 2014

MAPA 6. Mapa tipos de suelos



<p><b>MAPA DE UBICACIÓN PROVINCIAL</b></p>	<p><b>MAPA DE UBICACIÓN CANTONAL</b></p>	<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● FUENTE DE AGUA</li> <li>■ RESERVA HIDRICA</li> <li>● POBLADOS</li> <li>■ ZONA URBANA</li> <li>— RIOS SIMPLES</li> <li>— PERENNE</li> <li>— INTERMITENTE</li> <li>■ LAGUNA MOJANDA</li> <li>■ LAGO SAN PABLO</li> </ul>	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	<p>ELABORADO POR: LUCÍA GÓMEZ</p> <p>REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales</p>	<p>DIRECTORA Ing. Eliabeth Velarde</p> <p>PROYECCIÓN: UTM Zona 17 S Sur</p> <p>DATUM HORIZONTAL: WGS84</p> <p>DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar</p>	<p>CONTIENE: MAPA DE SUELOS</p> <p>ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50.000</p> <p>ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000</p> <p>FECHA: 2015-03-11</p> <p>HOJAS: 6</p> <p>FUENTE: SNI, 2014</p>
--	--	--	--	---	---	---

MAPA 7. Mapa geológico



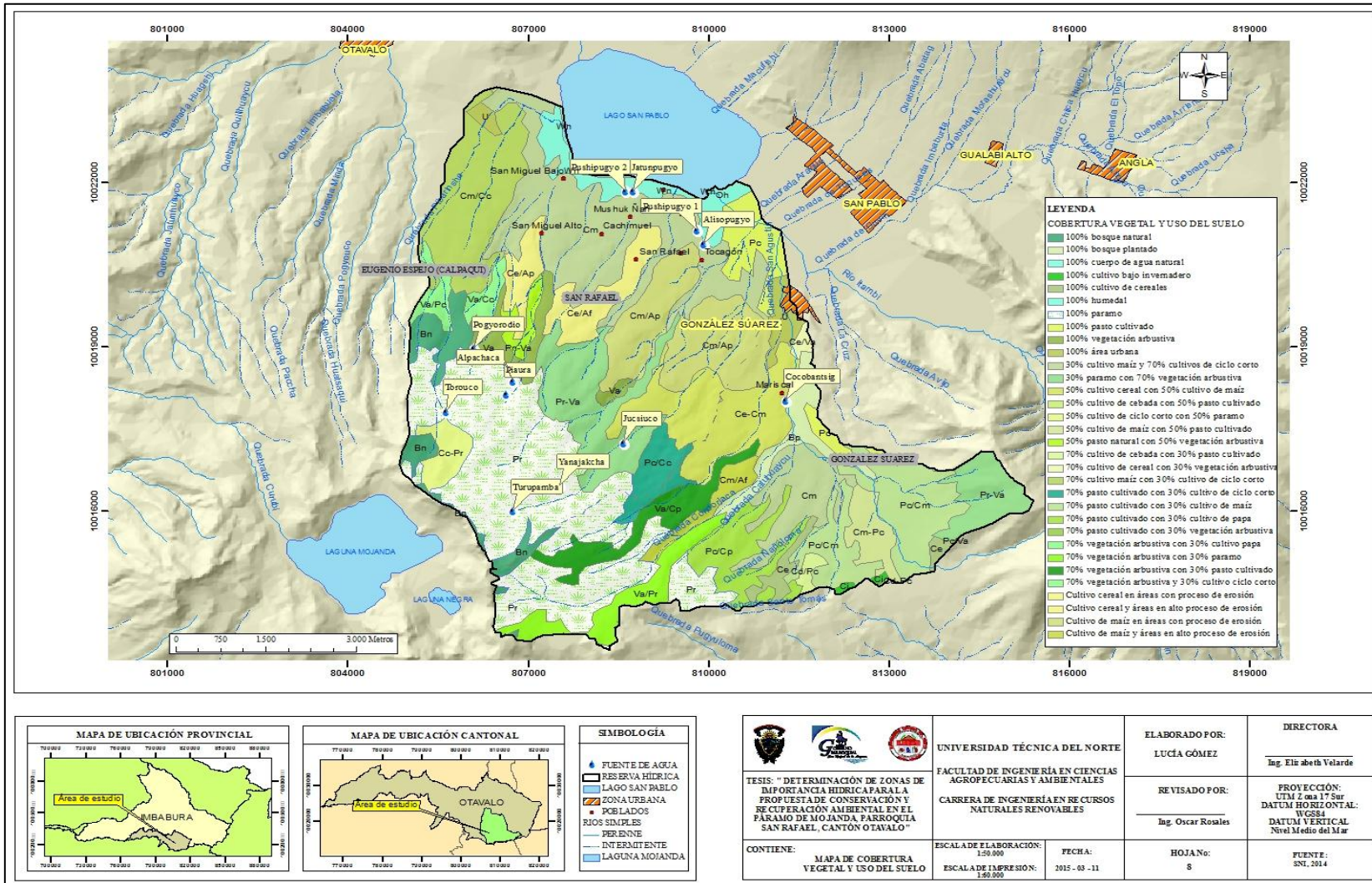
**SIMBOLOGÍA**

- [Blue circle with dot] FUENTE DE AGUA
- [Orange hatched box] ZONA URBANA
- [Light blue box] RESERVA HIDRICA
- [Blue box] LAGO SAN PABLO
- [Red dot] POBLADOS
- [Blue line] RIOS SIMPLES
- [Blue dashed line] RIOS INTERMITENTE
- [Blue box] LAGUNA MOJANDA

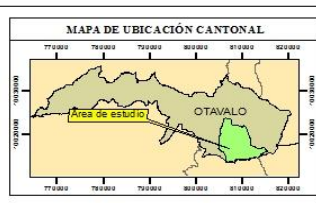
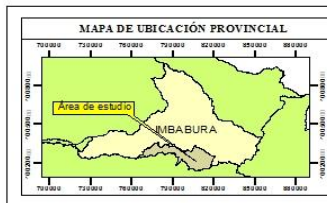
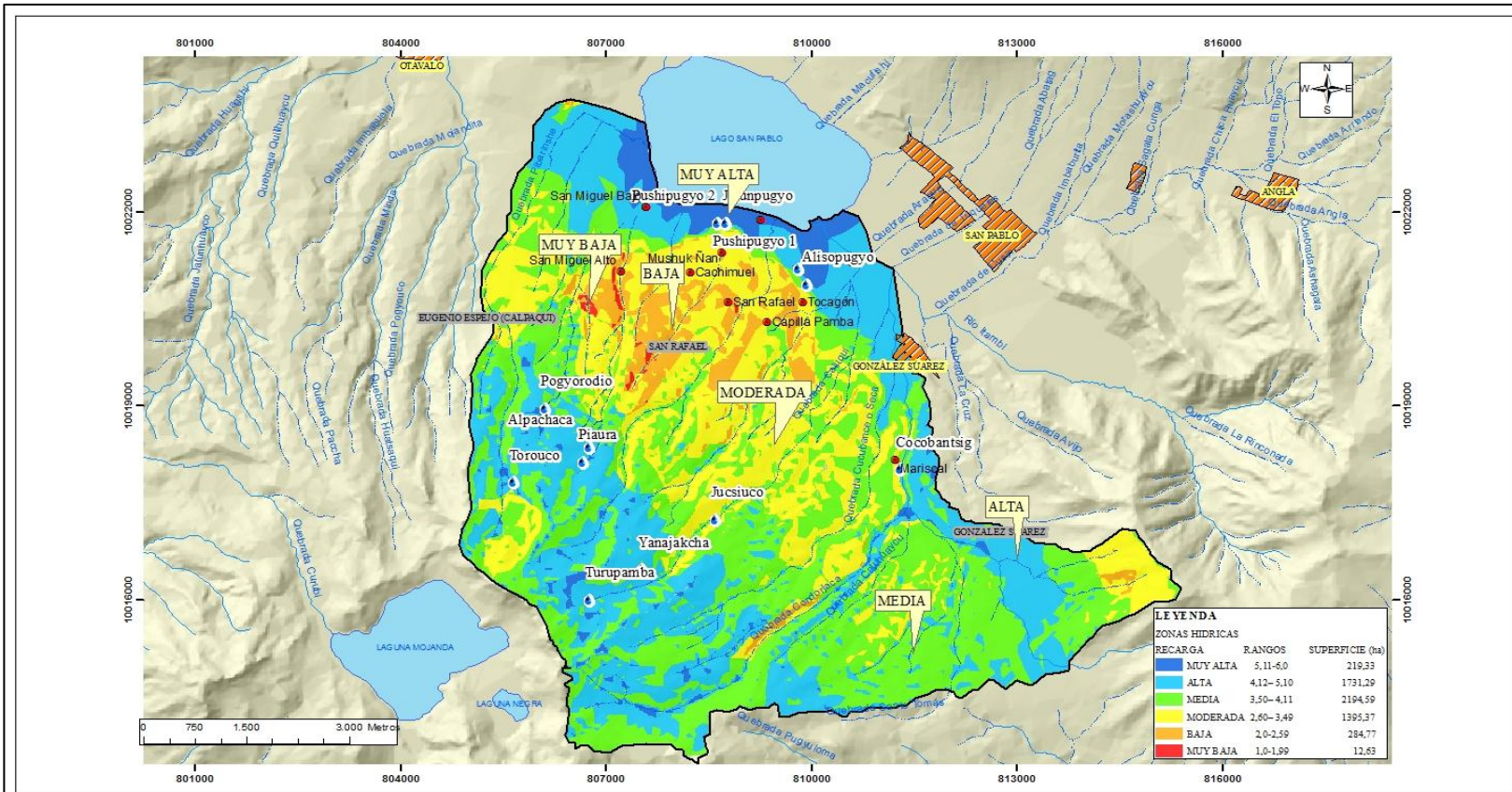
<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	ELABORADO POR: LUCÍA GÓMEZ	DIRECTORA: Ing. Eliabeth Velarde
	REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales	PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar
CONTIENE: MAPA GEOLÓGICO	ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000	FECHA: 2015-03-11
	HOJAS No: 7	FUENTE: SNL 2014



MAPA 8. Mapa de uso y cobertura vegetal



MAPA 9. Mapa de zonas de recarga hídrica

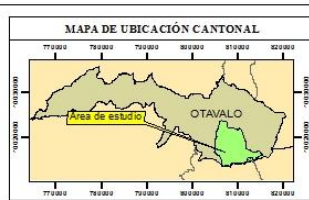
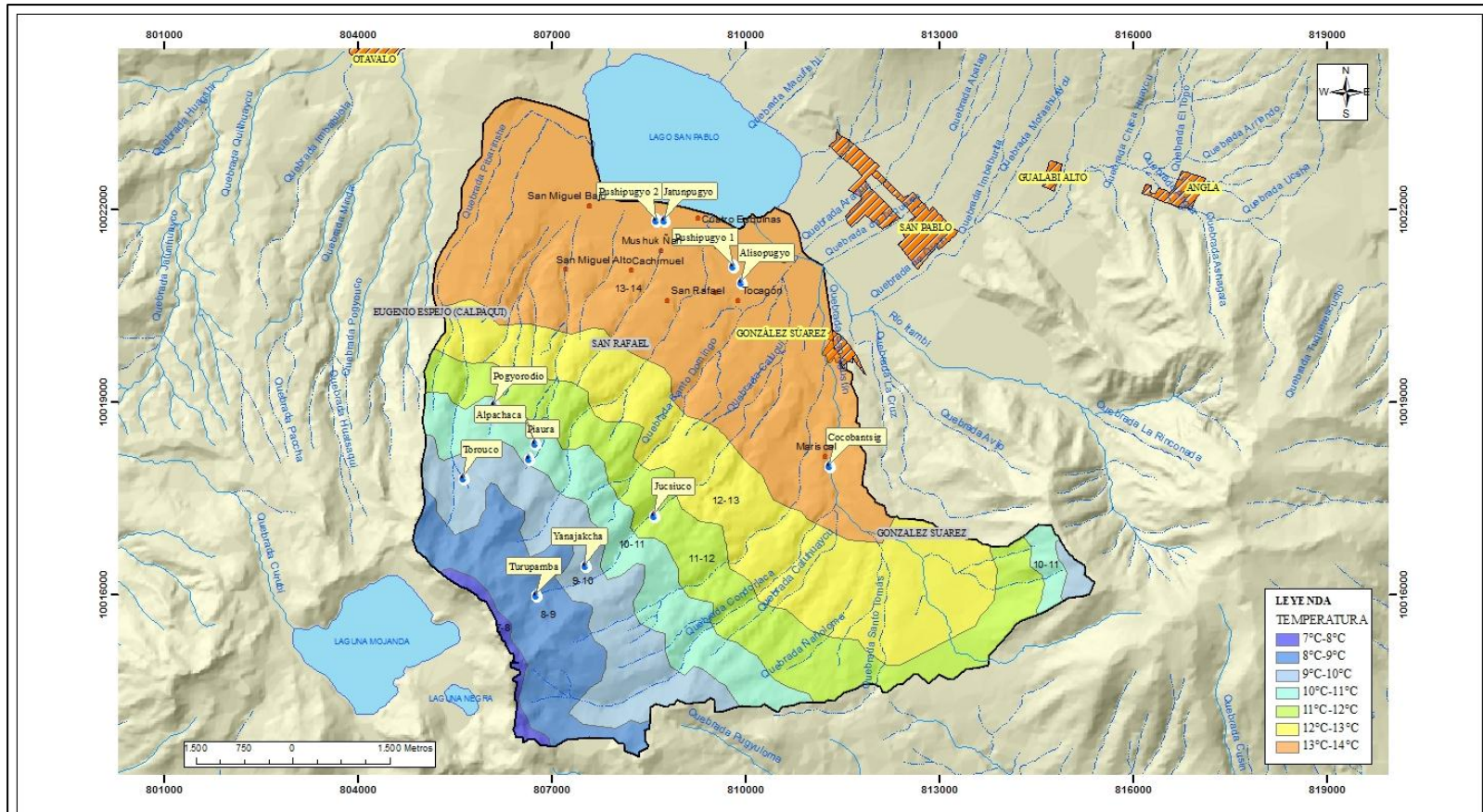


**SIMBOLOGÍA**

- FUENTES DE AGUA
- ZONA URBANA
- RESERVA HÍDRICA
- LAGO SAN PABLO
- RÍOS SIMPLES
- PERENNE
- INTERMITENTE
- POBLADOS
- LAGUNA MOJANDA

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	ELABORADO POR: LUCÍA GÓMEZ	DIRECTORA: Ing. Elisabeth Velarde	
	REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales	PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar	
CONTIENE: MAPA DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA	ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000	FECHA: 2015-03-11 HOJANO: 9	FUENTE: SNI, 2014

MAPA 10. Mapa de isotermas



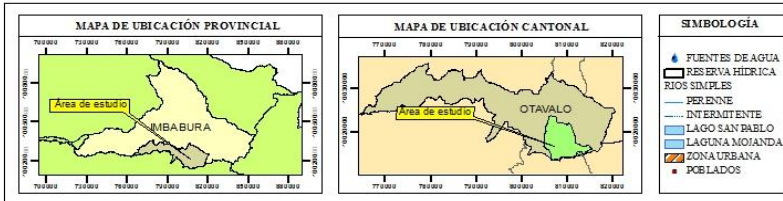
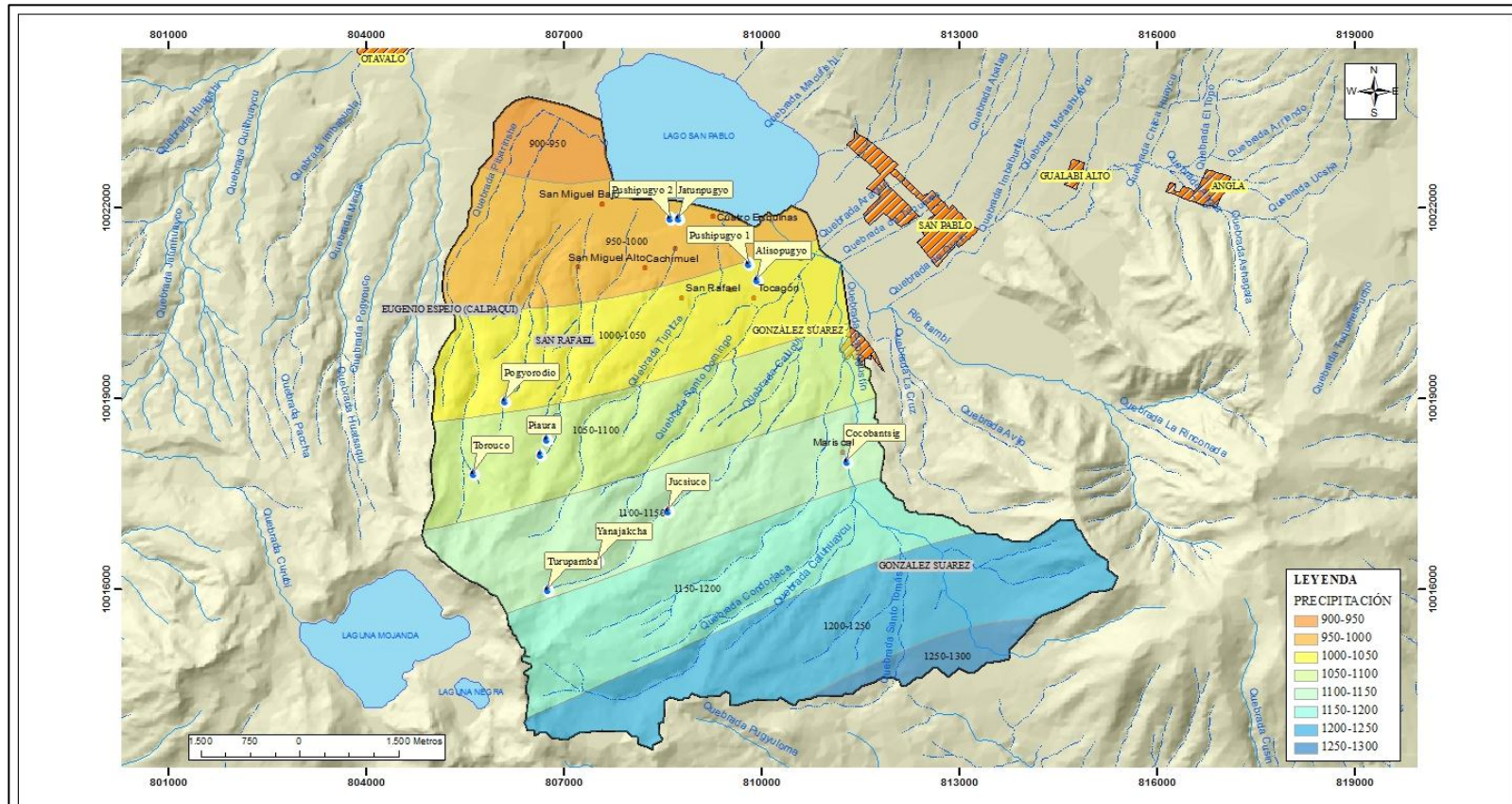
**SIMBOLOGÍA**

- FUENTES DE AGUA
- RESERVA HIDRICA
- RIOS SIMPLES
- PERENNE
- INTERMITENTE
- LAGO SAN PABLO
- LAGUNA MOJANDA
- LAGO LINA NEGRA
- ZONA URBANA
- POBLADOS

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	<p>ELABORADO POR:</p> <p>LUCÍA GÓMEZ</p>	<p>DIRECTORA</p> <p>Ing. Elizabeth Velarde</p>
	<p>REVISADO POR:</p> <p>Ing. Oscar Rosales</p>	<p>PROYECCIÓN:</p> <p>UTM Zona 17 Sur</p> <p>DATUM HORIZONTAL:</p> <p>WGS84</p> <p>DATUM VERTICAL:</p> <p>Nivel Medio del Mar</p>
<p>CONTIENE:</p> <p>MAPA DE ISOTERMAS</p>	<p>ESCALA DE ELABORACIÓN:</p> <p>1:50.000</p> <p>ESCALA DE IMPRESIÓN:</p> <p>1:50.000</p>	<p>FECHA:</p> <p>2015-03-11</p>

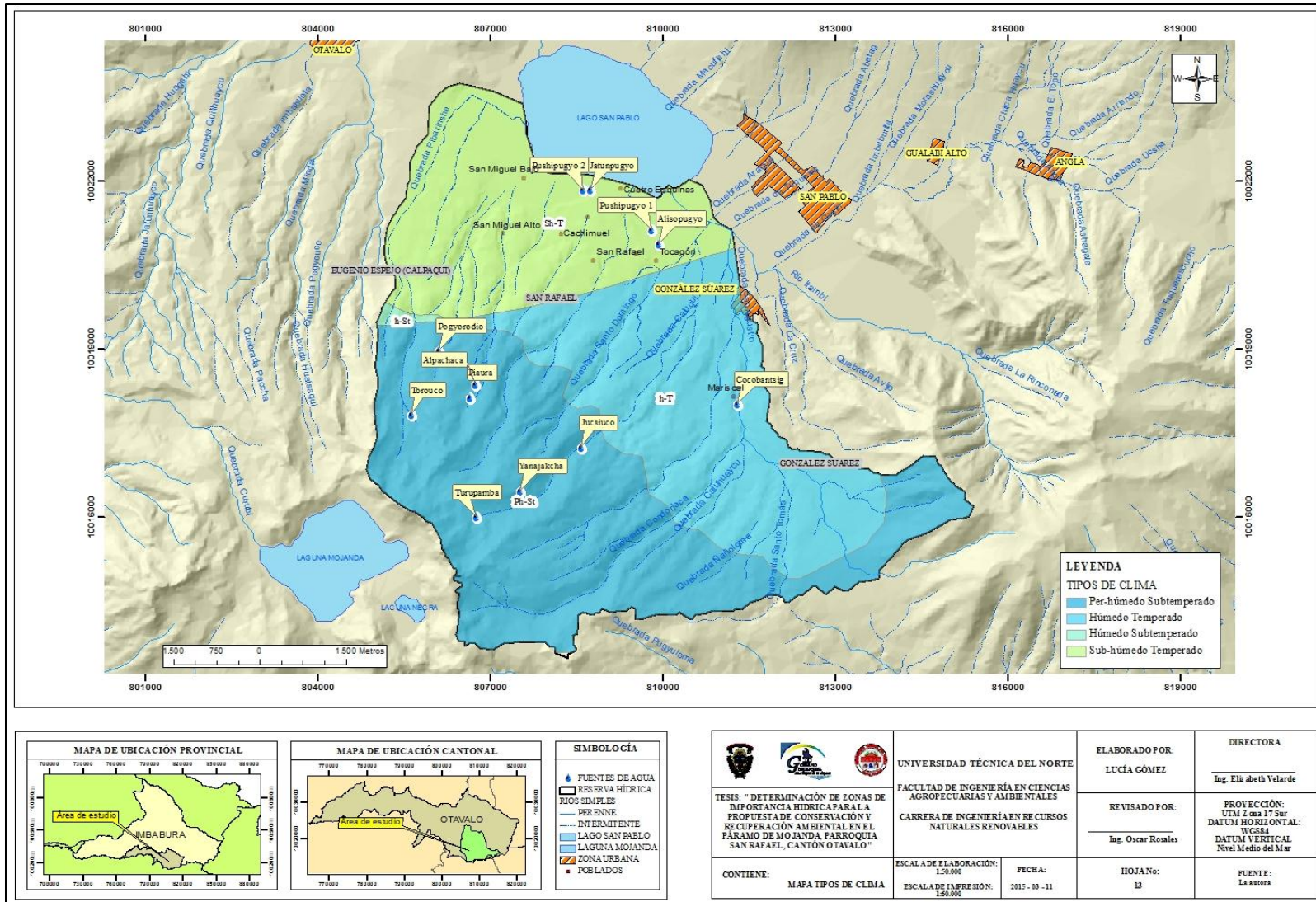
<p>HOJA No:</p> <p>11</p>	<p>FUENTE:</p> <p>La autora</p>
---------------------------	---------------------------------

MAPA 11. Mapa de isoyetas

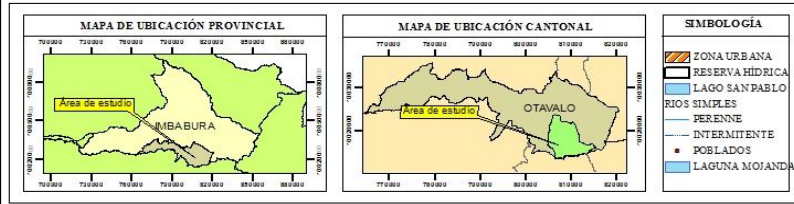
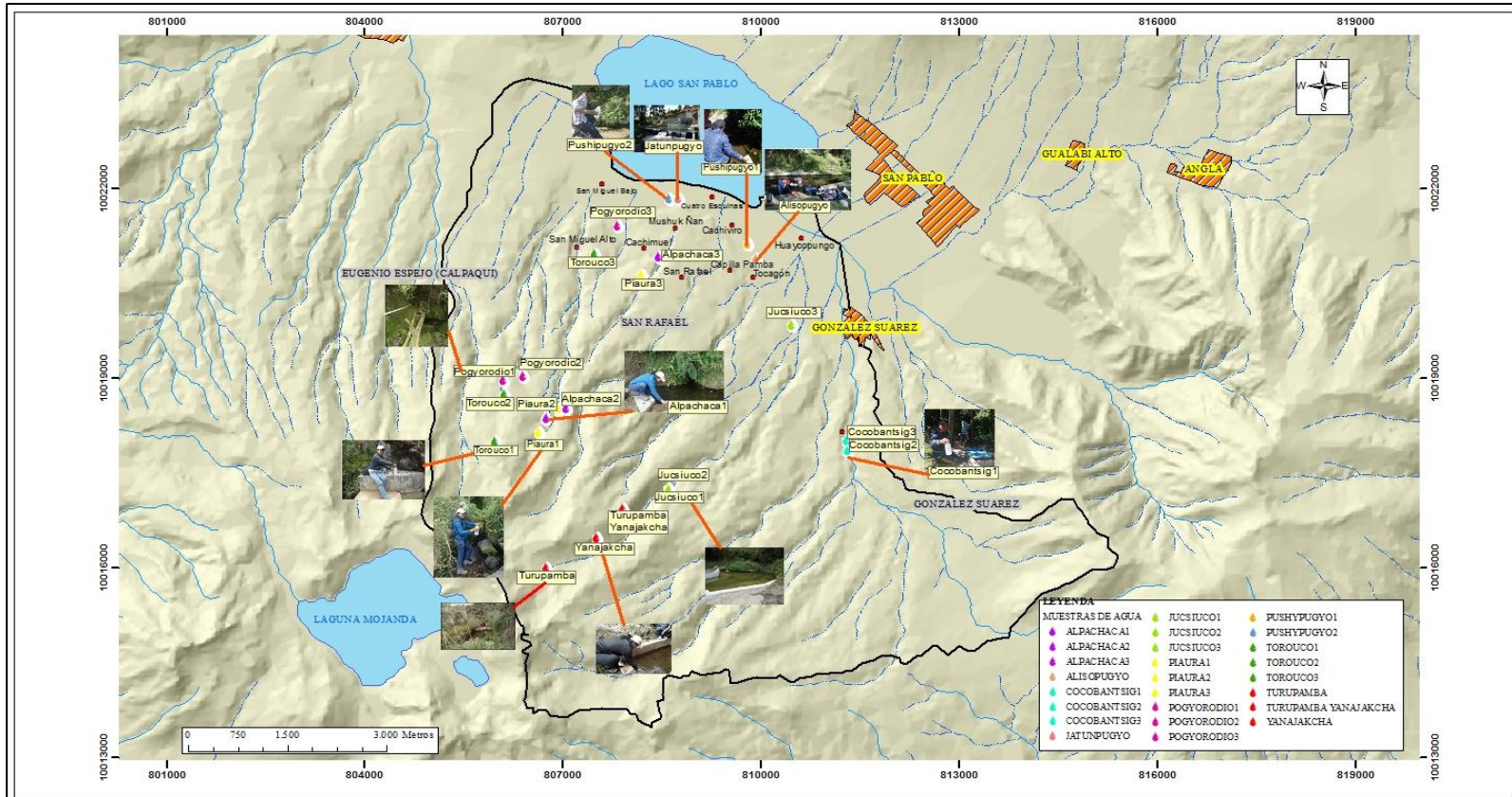


<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	ELABORADO POR: LUCÍA GÓMEZ	DIRECTORA Ing. Elinabeth Velarde	
	REVISADO POR: Ing. Oscar Rosales	PROYECCIÓN: UTM Zona 17 Sur DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: Nivel Medio del Mar	
CONTIENE: MAPA DE ISOYETAS	ESCALA DE ELABORACIÓN: 1:50.000 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:60.000	FECHA: 2015-03-11	HOJIA No: 12
		FUENTE: La autora	

MAPA 12. Mapa tipos de climas

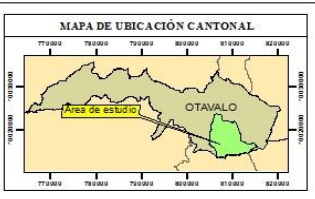
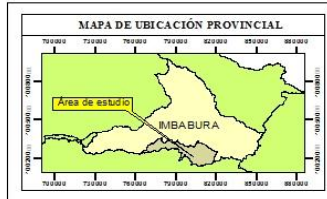
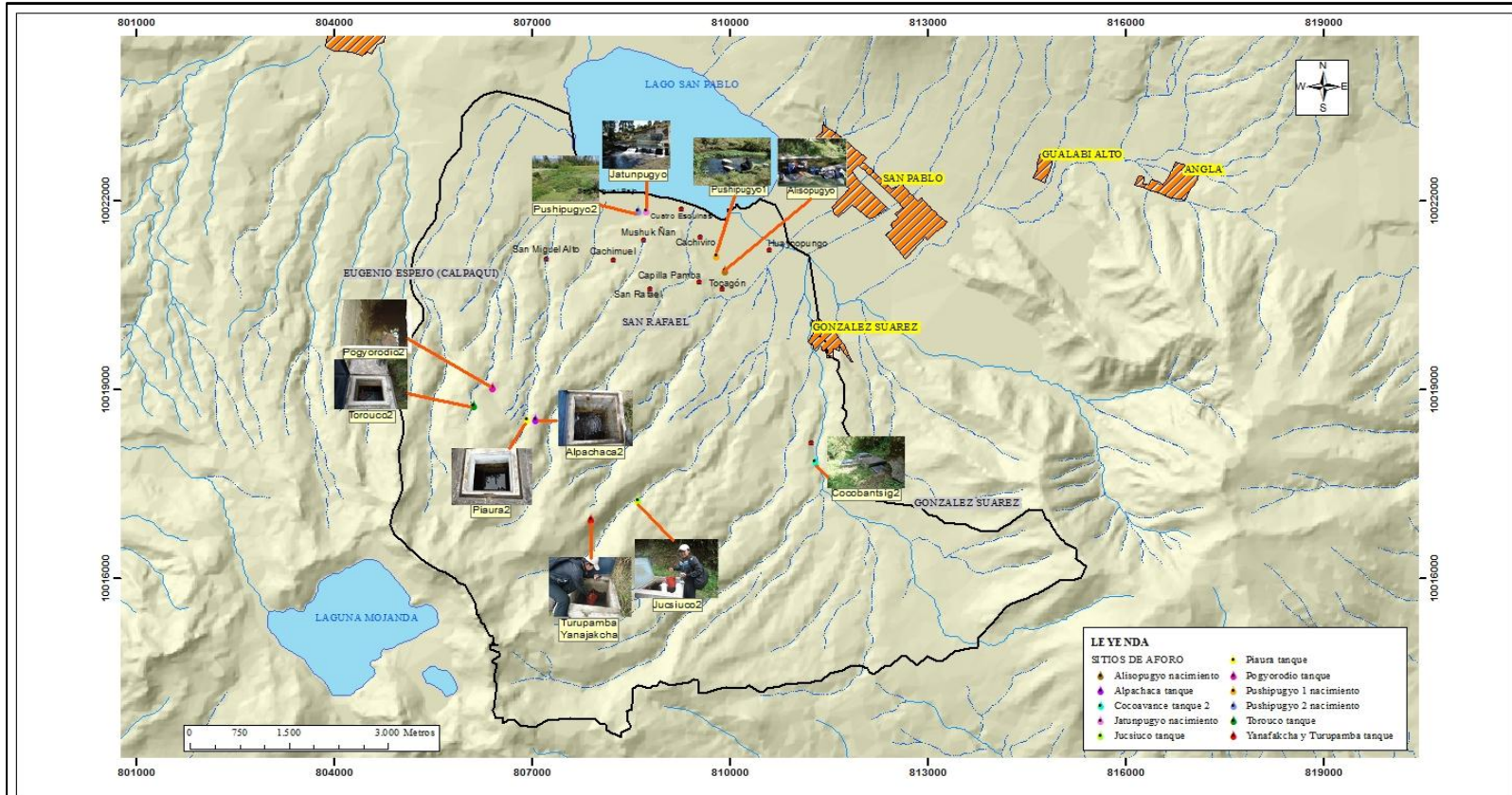


MAPA 13. Mapa muestras de agua



<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	ELABORADO POR:	DIRECTORA
	Lucía Gómez	Ing. Elixabeth Velarde
<p>TESIS: " DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA PARA LA PROPUESTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PARQUE DE MOJANDA PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO "</p>	REVISADO POR:	PROYECCIÓN:
	Ing. Oscar Rosales	UTM Zona 17 Sur
CONTIENE:	ESCALA DE ELABORACIÓN:	FECHA:
MAPA MUESTRAS DE AGUA	1:50.000	2015-03-11
	ESCALA DE IMPRESIÓN:	HOJAS:
	1:50.000	14
		FUENTE:
		La autora

MAPA 14. Sitios de aforo




SIMBOLOGÍA	
	ZONA URBANA
	RESERVA HIDRICA
	LAGO SAN PABLO
	RIOS SIMPLES
	PERENNE
	INTERMITENTE
	POBLADOS
	LAGUNA MOJANDA

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES</p>	ELABORADO POR:	DIRECTORA:
	Lucía Gómez	Ing. Elisabeth Velarde
<p>TESIS: " DETERMINACIÓN DE ZONAS DE IMPORTANCIA HIDRICA PARA LA PROPOSTA DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN EL PARAJE DE MOJANDA, PARROQUIA SAN RAFAEL, CANTÓN OTAVALO "</p>	REVISADO POR:	PROYECCIÓN:
	Ing. Oscar Rosales	UTM Zona 17 Sur
CONTIENE:	ESCALA DE ELABORACIÓN:	FECHA:
MAPA DE SITIOS DE AFORO	1:50.000	2015 - 03 - 11
	ESCALA DE IMPRESIÓN:	HOJA No:
	1:50.000	15
		FUENTE:
		La autora


## ANEXO 2. FICHAS

**FICHA 1:** Ficha de evaluación ecológica rápida de la parte baja del área de reserva hídrica


Descripción:				PUNTO DE OBSERVACIÓN: (Humedal y zona urbana)			
Investigador: Lucía Gómez Fecha: 02 de Diciembre del 2014 Cantón: Otavalo, Parroquia: San Rafael de la Laguna Coordenadas UTM WGS84 Latitud: 807540 Longitud:10017873 Altitud: 2698							
Componente abiótico							
Temperatura	Precipitación	Tipo de clima	Pendiente	Tipo de roca	Textura del suelo	Rocosisdad	Color del suelo
13-14°C	950-1000mm	Sub-húmedo Temperado	<b>Plana</b> Ondulada Muy Ondulada Montañosa Muy Montañosa Escarpada	<b>Ígnea</b> Metamórfica Sedimentaria No consolidada Ausente	Arcilla Limo Arena <b>Arcillo-arenosa</b> Arcillo-limosa, Otra	Sin rocosidad <b>1- 30%</b> 31- 60% 61 - 90% > 90%	Amarillento <b>Negro</b> Otros
Componente biótico							
Densidad de cobertura	Presencia de claros	Porcentaje de suelos desnudos	Tipos de superficie sin vegetación	Fisonomía	Cobertura del suelo	Uso del suelo	Zona de vida
Denso Medio <b>Ralo</b>	Abundante <b>Presente</b> Escasa Ausente	<b>Alto</b> Medio Bajo	<b>Suelo</b> Capa de humus Roca Madera descompuesta <b>Agua</b>	Bosque <b>Arbustal</b> Herbazal <b>Cobertura antrópica</b>	Área urbana, arboles, vegetación arbustiva y humedal	Cultivos de: maíz, frejol, habas, papas, frutillas	Bosque Húmedo Montano Bajo
Componente socioeconómico							
Poblados			Actividades económicas			Servicios básicos	
Huaycopungo, Cachiviro, Cuatro esquinas, Mushuk Ñan, Capillapamba, San Miguel Bajo.			Producción de fresas, crianza de animales menores, construcción civil, elaboración de artesanías y actividades florícola.			Tiene agua entubada y el 70% tiene acceso al alcantarillado, cuentan con luz eléctrica.	




**FICHA 2.**Ficha de evaluación ecológica rápida de la zona de captación del área de reserva hídrica

Descripción:				PUNTO DE OBSERVACIÓN: (Zona de captación tanques de agua)			
Investigador: Lucía Gómez Fecha: 02 de Diciembre del 2014 Cantón: Otavalo, Parroquia: San Rafael de la Laguna Coordenadas UTM WGS84 Latitud: 811282 Longitud:10018032 Altitud: 2810							
Componente abiótico							
Temperatura	Precipitación	Tipo de clima	Pendiente	Tipo de roca	Textura del suelo	Rocosisdad	Color del suelo
13-14°C	1100-1150 mm	Húmedo Temperado	Plana <b>Ondulada</b> Muy Ondulada Montañosa Muy Montañosa Escarpada	<b>Ígnea</b> Metamórfica Sedimentaria No consolidada Ausente	Arcilla Limo Arena <b>Arcillo-arenosa</b> Arcillo-limosa, Otra	Sin rocosidad <b>1- 30%</b> 31- 60% 61 - 90% > 90%	Amarillento <b>Negro</b> Otros
Componente biótico							
Densidad de cobertura	Presencia de claros	Porcentaje de suelos desnudos	Tipos de superficie sin vegetación	Fisonomía	Cobertura del suelo	Uso del suelo	Zona de vida
Denso Medio <b>Ralo</b>	Abundante <b>Presente</b> Escasa Ausente	Alto <b>Medio</b> Bajo	<b>Suelo</b> Capa de humus Roca Madera descompuesta Agua	Bosque <b>Arbustal</b> <b>Herbazal</b> Cobertura antrópica	Zona cubierta por vegetación arbustiva herbácea, árboles	Cultivos de ciclo corto: maíz, cebada, trigo.	Bosque Seco Montano Bajo
Componente socioeconómico							
Poblados		Actividades económicas			Servicios básicos		
Mariscal		Producción de cereales como: maíz, cebada, maíz, fresas e ingreso de ganado			Cuentan con agua entubada, acceso al alcantarillado y luz eléctrica.		

**FICHA 3.** Ficha de evaluación ecológica rápida de la zona media del área de reserva hídrica

<b>Descripción:</b>				<b>PUNTO DE OBSERVACIÓN: (Zona media)</b>			
Investigador: Lucía Gómez Fecha: 02 de Diciembre del 2014 Cantón: Otavalo, Parroquia: San Rafael de la Laguna Coordenadas UTM WGS84 Latitud: 806091 Longitud:10018980 Altitud: 3349							
<b>Componente abiótico</b>							
<b>Temperatura</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Tipo de clima</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Tipo de roca</b>	<b>Textura del suelo</b>	<b>Rocosisdad</b>	<b>Color del suelo</b>
10-11°C	1000-1050 mm	Per-húmedo Subtemperado	Plana Ondulada Muy Ondulada Montañosa <b>Muy Montañosa</b> Escarpada	Ígnea Metamórfica <b>Sedimentaria</b> No consolidada Ausente	Arcilla Limo Arena <b>Arcillo-arenosa</b> Arcillo-limosa, Otra	<b>Sin rocosidad</b> 1- 30% 31- 60% 61 - 90% > 90%	Amarillento <b>Negro</b> Otros
<b>Componente biótico</b>							
<b>Densidad de cobertura</b>	<b>Presencia de claros</b>	<b>Porcentaje de suelos desnudos</b>	<b>Superficie sin vegetación</b>	<b>Fisonomía</b>	<b>Cobertura del suelo</b>	<b>Uso del suelo</b>	<b>Zona de vida</b>
Denso <b>Medio</b> Ralo	Abundante <b>Presente</b> Escasa Ausente	Alto <b>Medio</b> Bajo	<b>Suelo</b> Capa de humus Roca Madera descompuesta Agua	<b>Bosque Arbustal</b> Herbazal Cobertura antrópica	Presencia de árboles: eucalipto, pino y áreas reforestadas con yagual, pumamaqui, aliso.	Cultivos de ciclo corto: maíz, cebada, trigo, chochos.	Bosque Muy Húmedo Montano - Bosque Pluvial Subalpino
<b>Componente socioeconómico</b>							
<b>Poblados</b>			<b>Actividades económicas</b>			<b>Servicios básicos</b>	
Áreas no urbanizadas pertenecientes a los poblados de: Tocagón, Cachimuel y San Miguel alto.			Producción de cereales como: maíz, cebada y chochos presencia de ganado.			Cuentan con agua entubada, 80% acceso a alcantarillado y luz eléctrica.	

**FICHA 4.** Ficha de evaluación ecológica rápida de la zona alta del área de reserva hídrica

Descripción:				PUNTO DE OBSERVACIÓN: (Zona alta)			
Investigador: Lucía Gómez Fecha: 02 de Diciembre del 2014 Cantón: Otavalo, Parroquia: San Rafael de la Laguna Coordenadas UTM WGS84 Latitud: 806737 Longitud:10016014 Altitud: 3697							
Componente abiótico							
Temperatura	Precipitación	Tipo de clima	Pendiente	Tipo de roca	Textura del suelo	Rocosisidad	Color del suelo
8-9°C	1100-1150 mm	Per-húmedo Subtemperado	Plana Ondulada Muy Ondulada Montañosa Muy Montañosa Escarpada	Ígnea Metamórfica Sedimentaria No consolidada Ausente	Arcilla Limo Arena Arcillo-arenosa Arcillo-limosa, Otra	Sin rocosidad 1- 30% 31- 60% 61 - 90% > 90%	Amarillento Negro Otros
Componente biótico							
Densidad de cobertura	Presencia de claros	Porcentaje de suelos desnudos	Superficie sin vegetación	Fisonomía	Cobertura del suelo	Uso del suelo	Zona de vida
Denso Medio Ralo	Abundante Presente Escasa Ausente	Alto Medio Bajo	Suelo Capa de humus Roca Madera descompuesta Agua	Bosque Arbustal Herbazal Cobertura antrópica	Presencia de árboles de: yagual, pumamaqui, aliso dentro del páramo	Producción de pinos para la venta de madera.	Bosque Muy Húmedo Montano - Bosque Pluvial Subalpino
Componente socioeconómico							
Poblados			Actividades económicas			Servicios básicos	
Áreas no urbanizadas pertenecientes a los poblados de: Tocagón, Cachimuel y San Miguel alto.			Producción de árboles de pino			Cuentan con agua entubada, 80% acceso a alcantarillado y luz eléctrica.	

### ANEXO 3. CUADROS

**CUADRO 1.** Inventario fuentes de agua de la parroquia San Rafael de Laguna

Comunidad	Fuentes de agua
Huaycopungo grande	Potriopugyo
	Puendepugyo
	Vallijo
	Alisopugyo
	Otojobugyo
	Pushipugyo1
Cachiviro	Gallopugyo
Cuatro Esquinas	Jatunpugyo
	Pushipugyo2
Mariscal	Cocobantsig
Tocagón	Yanajakcha
	Turupamba
	Senaf01
	Senaf02
	Jucsiuco
Cachimuel	Piaura
	Alpachaca
	Torouco
	Pogyorodio

**Fuente:** Dirigentes del GAD de San Rafael

**Elaboración:** La autora

**CUADRO 2.** Lista de especies representativas de la parte baja de la zona de reserva hídrica

**FLORA**

Nombre científico	Nombre vulgar	Árbol	Arbusto	Hierba	Liana	Epífita
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	x				
<i>Scirpus californicus</i>	Tatora		X			
<i>Rubus ulmifolius</i>	Mora		X			
<i>Sapium stylare</i>	Lechero		X			
<i>Baccharis latifolia.</i>	Chilca		X			
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo			X		
<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho			X		
<i>Nasturtium officinale</i>	Berro			X		
<i>Agave americano</i>	Penco		X			
<i>Pourouma cecropiifolia</i>	Uvilla		X			
<i>Hedera helix.</i>	Enredadera				X	
<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto	x				

**Fuente:** (Segundo Chimbolema & otros, 2013).

**Elaboración:** La autora

**FAUNA**

Especie	Nombre vulgar	*Tipo de actividad	°Tipo de registro
<i>Gallinula chloropus</i>	Gallareta andina	nadando	In
<i>Anas flavirostris</i>	Pato silvestre	Nadando	Av
<i>Oxyura ferruginea</i>	Pato rojizo andino	Nadando	In
<i>Bubulcus ibis</i>	Garceta bueyera	Caminando	Av
<i>Egretta thula</i>	Garza blanca	Caminando	Av
<i>Tringa melanoleuca</i>	Patiamarillo mayor	Caminando	In
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Pájaro rojo	Volando	Av
<i>Zonotricha capensis</i>	Pájaro	Volando	Av
<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Huiracchuro	Volando	Av
<i>Columba fasciata</i>	Paloma	Caminando	Av
<i>Acomodon mollis</i>	Ratón	Caminando	He

**Fuente:** (Carrión, 2000 citado por Mena Vásquez & Medina, 2000)

**Elaboración:** La autora

(\*) Tipo de actividad: anidamiento, reproducción, alimentación, interacción con otros individuos, movimiento (volando, caminando, trepando, nadando, etc.)

(°) Tipo de registro: Av = avistamientos; He = heces; In = Informante; Ol = olor.

**CUADRO 3.** Lista de especies representativas de la zona de captación del área de reserva hídrica

**FLORA**

Nombre científico	Nombre vulgar	Árbol	Arbusto	Hierba	Liana	Epífita
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	x				
<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto	x				
<i>Sapium stylare</i>	Lechero		x			
<i>Baccharis latifolia.</i>	Chilca		x			
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo			X		
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca			X		
<i>Trifolium arvense</i>	Trébol			X		
<i>Hedera hélix</i>	Enredadera				X	
<i>Alnus acuminata</i>	Pumamaqui	x				
<i>Juglans regia</i>	Nogal	x				

**Fuente:** (Segundo Chimbolema & otros, 2013).

**Elaboración:** La autora

**FAUNA**

Especie	Nombre vulgar	*Tipo de actividad	°Tipo de registro
<i>Turdus infuscatus</i>	Mirlo negro	Volando	Av
<i>Bubulcus ibis</i>	Garceta bueyera	Volando	Av
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí	Volando	Av
<i>Pristimantis unistrigatus</i>	Rana	Trepando	Av
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Pájaro rojo	Volando	Av
<i>Zonotricha capensis</i>	Pájaro	Volando	Av
<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Huiracchuro	Volando	Av
<i>Columba fasciata</i>	Paloma	volando	Av

**Fuente:** (Carrión, 2000 citado por Mena Vásconez & Medina, 2000)

**Elaboración:** La autora

(\*) Tipo de actividad: anidamiento, reproducción, alimentación, interacción con otros individuos, movimiento (volando, caminando, trepando, nadando, etc.)

(°) Tipo de registro: Av = avistamientos; He = heces; In = Informante; Ol = olor.

**CUADRO 4.** Lista de especies representativas de la zona media del área de reserva hídrica

**FLORA**

Nombre científico	Nombre vulgar	Árbol	Arbusto	Hierba	Liana	Epífita
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	x				
<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto	x				
<i>Polylepis incana Kunth</i>	Yagual		X			
<i>Buddleja incana</i>	Quishuar		X			
<i>Muntingia calabura</i>	Capulí	x				
<i>Pinus sylvestris</i>	Pino	x				
<i>Alnus acuminata</i>	Pumamaqui	x				

**Fuente:** (Segundo Chimbolema & otros, 2013).

**Elaboración:** La autora

**FAUNA**

Especie	Nombre vulgar	*Tipo de actividad	°Tipo de registro
<i>Falco sparveius</i>	Quilico	Volando	In
<i>Coturnix coturnix.</i>	Codorniz	volando	Av
<i>Turdus infuscatus</i>	Mirlo negro	Volando	Av
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí	Volando	Av
<i>Geoxus valdivianus</i>	Ratón topo	caminando	He
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Conejo	caminado	Av
<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Huiracchuro	volando	Av

**Fuente:** (Carrión, 2000 citado por Mena Vásquez & Medina, 2000)

**Elaboración:** La autora

(\*) Tipo de actividad: anidamiento, reproducción, alimentación, interacción con otros individuos, movimiento (volando, caminando, trepando, nadando, etc.)

(°) Tipo de registro: Av = avistamientos; He = heces; In = Informante; Ol = olor.

**CUADRO 5.**Lista de especies representativas de la zona alta del área de reserva hídrica

**FLORA**

Nombre científico	Nombre vulgar	Árbol	Arbusto	Hierba	Liana	Epífita
<i>Cortaderia nítida</i>	Sigse			X		
<i>Chuquiraga jussieui</i>	Chuquiragua		x			
<i>Fuchsia lycioides</i>	Arete del inca		x			
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Mortiño		x			
<i>Cariofilata acuática</i>	Orejuela			X		
<i>Xenophyllum humile</i>	Almohadillas		x			
<i>Werneria nubigena Kunth</i>	Chicoria blanca			X		

**Fuente:** (Segundo Chimbolema & otros, 2013).

**Elaboración:** La autora

**FAUNA**

Especie	Nombre vulgar	*Tipo de actividad	°Tipo de registro
<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila de Paramo	Volando	Av
<i>Turdus infuscatus</i>	Mirlo negro	Volando	Av
<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí	Volando	Av
<i>Anotomys leander</i>	Ratón de páramo	Caminando	He
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo	Caminado	Av
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Lobo de Páramo	Volando	Av

**Fuente:** (Carrión, 2000 citado por Mena Vásconez & Medina, 2000)

**Elaboración:** La autora

(\*) Tipo de actividad: anidamiento, reproducción, alimentación, interacción con otros individuos, movimiento (volando, caminando, trepando, nadando, etc.)

(°) Tipo de registro: Av = avistamientos; He = heces; In = Informante; Ol = olor.



## CUADRO 6. Resultados análisis de calidad de las fuentes de agua época seca



### PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES INFORME DE RESULTADOS

#### Datos:

Solicitado por: GPI

Atención: Srta Lucía Gómez

Muestra de: Agua época seca

Número de Muestras: 25

Fecha de recepción: 29-09-2014

Fecha de análisis: 29 de septiembre – 06 de octubre de 2014

Descripción:

Código de laboratorio: 08.10102

Estado: líquida

Fecha entrega de resultados: 07-10-2014

Observaciones: Los resultados corresponden únicamente a las muestras analizadas en laboratorio.

Muestreado por: Cliente

Análisis Solicitado: FÍSICO-QUÍMICO, BIOLÓGICO, MICROBIOLÓGICO

#### RESULTADOS:

##### PROPIEDADES ORGANOLÉPTICA

##### Muestra

Muestra	Corresponde	Color	Olor	Material Particulado
M1	Vertiente Cocobantsig (toma vertiente)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M2	Vertiente Cocobantsig (zona captación)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M3	Vertiente Cocobantsig (zona recepción)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M4	Vertiente Jatunpugyo (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M5	Vertiente Alisopugyo (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M6	Vertiente Pushipugyo 2 (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M7	Vertiente Pushipugyo 1 (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M8	Vertiente Jucusiuco 2 (tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M9	Vertiente Jucusiuco (grifo 1)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M10	Vertiente Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M11	Vertiente Turupamba. Toma vertiente 1	imperceptible	imperceptible	escaso
M12	Vertiente Yanajakcha. Toma vertiente 1	imperceptible	imperceptible	medio
M13	Vertiente Jucusiuco toma vertiente	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M14	Vertiente Piaura toma de captación	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M15	Vertiente Alpachaca toma de captación	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M16	Vertiente Alpachaca, ojo de agua	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M17	Vertiente Piaura ojo de agua	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M18	Vertiente Piaura grifo 1	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M19	Vertiente Alpachaca grifo 1	imperceptible	imperceptible	escaso
M20	Vertiente Torouco toma de captación	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M21	Vertiente Torouco grifo 1	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M22	Vertiente Pogyorodio grifo 1	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M23	Vertiente Pogyorodio tanque de agua	imperceptible	imperceptible	medio
M24	Vertiente Pogyorodio toma de vertiente	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M25	Vertiente Torouco toma vertiente	imperceptible	imperceptible	imperceptible

### ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO- BIOLÓGICO

Muestra	Corresponde	pH	CE (us/cm)	Densidad (g/ml)	Color (UC)	Turbidez (NTU)
M1	Vertiente Cocobantsig (toma vertiente)	7.30	372	0.9989	0.0	0.00
M2	Vertiente Cocobantsig (zona captación)	7.55	277	0.9989	4.0	0.31
M3	Vertiente Cocobantsig (zona recepción)	7.43	279	0.9988	0.0	0.32
M4	Vertiente Jatunpugyo (ojo de agua)	7.26	281	0.9988	0.0	0.48
M5	Vertiente Alisopugyo (ojo de agua)	7.24	399	0.9988	0.0	0.41
M6	Vertiente Pushipugyo 2 (ojo de agua)	7.35	390	0.9989	1.0	0.39
M7	Vertiente Pushipugyo 1 (ojo de agua)	7.22	460	0.9989	10.0	0.32
M8	Vertiente Jucsiuco 2 (tanque de agua)	7.78	180.9	0.9990	21.0	0.23
M9	Vertiente Jucsiuco (grifo 1)	8.30	84.8	0.9990	21.0	1.06
M10	Vertiente Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	7.84	50.6	0.9991	0.0	0.27
M11	Vertiente Turupamba Toma vertiente 1	8.06	102	0.9990	30.0	0.79
M12	Vertiente Yanajakcha Toma vertiente 1	7.97	103.6	0.9989	0.0	0.14
M13	Vertiente Jucsiuco toma vertiente	7.93	82.6	0.9989	16.0	0.03
M14	Vertiente Piaura toma de captación	7.59	144.1	0.9998	24.0	0.35
M15	Vertiente Alpachaca toma de captación	8.01	86.5	0.9990	34.0	0.19
M16	Vertiente Alpachaca, ojo de agua	8.09	84.6	0.9991	28.0	0.26
M17	Vertiente Piaura ojo de agua	7.93	75.3	0.9990	10.0	0.11
M18	Vertiente Piaura grifo 1	7.97	81.3	0.9989	29.0	0.02
M19	Vertiente Alpachaca grifo 1	8.12	80.5	0.9991	45.0	0.15
M20	Vertiente Torouco toma de captación	7.57	175.8	0.9990	21.0	1.31
M21	Vertiente Torouco grifo 1	7.85	65.2	0.9989	28.0	1.48
M22	Vertiente Pogyorodio grifo 1	7.89	62.5	0.9989	31.0	1.21
M23	Vertiente Pogyorodio tanque de agua	7.81	79.2	0.9990	38.0	2.23
M24	Vertiente Pogyorodio toma de vertiente	7.82	78.3	0.9989	0.01	0.01
M25	Vertiente Torouco toma vertiente	7.59	56.9	0.9990	27.0	2.26

Muestra	Corresponde	Sólidos t. Disueltos (mg/l)	Sólidos Volátiles t. (mg/l)	Sólidos Fijos t. (mg/l)	Nitritos NO2 (ppm)	Nitratos NO3 (ppm)
M1	Vertiente Cocobantsig (toma vertiente)	130	106	25	0.01	1.9
M2	Vertiente Cocobantsig (zona captación)	155	80	75	0.02	2.0
M3	Vertiente Cocobantsig (zona recepción)	160	120	40	0.02	2.1
M4	Vertiente Jatunpugyo (ojo de agua)	165	145	20	0.02	3.2
M5	Vertiente Alisopugyo (ojo de agua)	240	95	145	0.02	5.0
M6	Vertiente Pushipugyo 2 (ojo de agua)	240	130	110	0.02	6.6
M7	Vertiente Pushipugyo 1 (ojo de agua)	270	130	140	0.02	8.0
M8	Vertiente Jucsiuco 2 (tanque de agua)	60	35	25	0.02	0.7
M9	Vertiente Jucsiuco (grifo 1)	65	45	20	0.02	1.0
M10	Vertiente Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	45	35	10	0.02	0.9
M11	Vertiente Turupamba Toma vertiente 1	80	30	50	0.02	0.7
M12	Vertiente Yanajakcha Toma vertiente 1	90	55	35	0.02	0.8
M13	Vertiente Jucsiuco toma vertiente	35	10	25	0.02	0.8
M14	Vertiente Piaura toma de captación	75	40	35	0.02	0.9
M15	Vertiente Alpachaca toma de captación	120	30	90	0.01	1.3
M16	Vertiente Alpachaca, ojo de agua	90	40	50	0.02	1.5
M17	Vertiente Piaura de ojo de agua	65	10	55	0.02	0.9
M18	Vertiente Piaura grifo 1	90	20	70	0.02	0.9
M19	Vertiente Alpachaca grifo 1	100	35	65	0.02	1.0
M20	Vertiente Torouco toma de captación	100	20	80	0.02	1.8
M21	Vertiente Torouco grifo 1	105	30	75	0.02	1.7
M22	Vertiente Pogyorodio grifo 1	60	-5	65	0.02	2.4
M23	Vertiente Pogyorodio ojo de agua	185	90	95	0.02	1.3
M24	Vertiente Pogyorodio toma de vertiente	105	40	65	0.02	0.9
M25	Vertiente Torouco toma vertiente	95	35	60	0.02	0.9

Muestra	Corresponde	Amonio NH4 (ppm)	Fosfatos PO4 (ppm)	Sulfatos SO4 (ppm)	Cobre (ppm)	Hierro (ppm)
M1	Vertiente Cocobantsig (toma vertiente)	0.22	3.6	49.2	0.12	0.01
M2	Vertiente Cocobantsig (zona captación)	0.15	2.6	49.1	0.11	0.10
M3	Vertiente Cocobantsig (zona recepción)	0.16	3.1	78.1	0.11	0.01
M4	Vertiente Jatunpugyo (ojo de agua)	0.15	3.3	79.0	0.10	0.00
M5	Vertiente Alisopugyo (ojo de agua)	0.14	3.1	68.0	0.10	0.00
M6	Vertiente Pushipugyo 2 (ojo de agua)	0.13	2.1	117.0	0.10	0.30
M7	Vertiente Pushipugyo 1 (ojo de agua)	0.11	2.7	63.0	0.10	0.60
M8	Vertiente Jucusiuco 2 (tanque de agua)	0.14	2.5	76.0	0.10	0.00
M9	Vertiente Jucusiuco (grifo 1)	0.17	2.1	47.0	0.03	0.13
M10	Vertiente Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	0.12	1.8	52.0	0.10	0.09
M11	Vertiente Turupamba toma vertiente 1	0.16	2.7	46.0	0.10	0.15
M12	Vertiente Yanajakcha toma vertiente 1	0.09	2.0	49.0	0.10	0.00
M13	Vertiente Jucusiuco toma vertiente	0.14	2.7	47.0	0.30	0.00
M14	Vertiente Piaura toma de captación	0.19	2.1	152.0	0.48	0.25
M15	Vertiente Alpachaca toma de captación	0.13	1.6	49.0	0.50	0.12
M16	Vertiente Alpachaca, ojo de agua	0.11	2.4	54.0	0.29	0.09
M17	Vertiente Piaura ojo de agua	0.11	2.4	85.0	0.32	0.14
M18	Vertiente Piaura grifo 1	0.14	1.2	53.0	0.50	0.14
M19	Vertiente Alpachaca grifo 1	0.17	2.1	34.0	0.27	0.38
M20	Vertiente Torouco toma de captación	0.15	3.3	87.0	0.19	0.50
M21	Vertiente Torouco grifo 1	0.12	1.8	784.0	0.10	0.42
M22	Vertiente Pogyorodio grifo 1	0.14	2.9	86.0	0.02	0.47
M23	Vertiente Pogyorodio tanque de agua	0.54	2.8	59.0	0.10	0.19
M24	Vertiente Pogyorodio toma de vertiente	0.10	1.7	69.0	0.01	0.12
M25	Vertiente Torouco toma vertiente	0.15	1.8	71.0	0.10	0.50

Muestra	Corresponde	Cloro residual (ppm)	Cloro total (ppm)	Dureza Total (mg CaCO3/L)	Dureza Cálctica (mgCa/L)	Dureza Magnésica (mgMg/L)
M1	Vertiente Cocobantsig (toma vertiente)	0.01	0.01	65	31	32
M2	Vertiente Cocobantsig (zona captación)	0.01	0.00	132	106,5	25,6
M3	Vertiente Cocobantsig (zona recepción)	0.01	0.01	87	58,9	27,2
M4	Vertiente Jatunpugyo (ojo de agua)	0.00	0.05	96	80	16
M5	Vertiente Alisopugyo (ojo de agua)	0.00	0.01	67	42	24
M6	Vertiente Pushipugyo 2 (ojo de agua)	0.00	0.00	68	35,1	28,9
M7	Vertiente Pushipugyo 1 (ojo de agua)	0.00	0.00	85	59,7	22,6
M8	Vertiente Jucusiuco 2 (tanque de agua)	0.00	0.00	25	11,3	12,7
M9	Vertiente Jucusiuco (grifo 1)	0.00	0.00	46	28,4	17,6
M10	Vertiente Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	0.00	0.00	28	10,4	17,6
M11	Vertiente Turupamba Toma vertiente 1	0.00	0.00	36	21,6	14,4
M12	Vertiente Yanajakcha Toma vertiente 1	0.00	0.00	36	20	16
M13	Vertiente Jucusiuco toma vertiente	0.00	0.00	34	19,6	14,4
M14	Vertiente Piaura toma de captación	0.00	0.00	42	32,4	9,6
M15	Vertiente Alpachaca toma de captación	0.02	0.08	36	24,8	11,2
M16	Vertiente Alpachaca, ojo de agua	0.00	0.00	28	18,4	9,6
M17	Vertiente Piaura ojo de agua	0.00	0.03	36	26,4	9,6
M18	Vertiente Piaura grifo 1	0.00	0.03	32	19,2	12,8
M19	Vertiente Alpachaca grifo 1	0.03	0.03	30	18,8	11,2
M20	Vertiente Torouco toma de captación	0.06	0.12	28	16,8	11,2
M21	Vertiente Torouco grifo 1	0.04	0.05	30	22	8
M22	Vertiente Pogyorodio grifo 1	0.03	0.03	28	18,4	9,6
M23	Vertiente Pogyorodio tanque de agua	0.03	0.10	34	22,8	11,2
M24	Vertiente Pogyorodio toma de vertiente	0.03	0.03	30	20,4	9,6
M25	Vertiente Torouco toma vertiente	0.00	0.02	28	18,4	9,6

Muestra	Corresponde	Alcalinidad Total (mg/L)	Coliformes Totales (UFC/ml)	E Coli (UFC/ml)
M1	Vertiente Cocobantsig (toma vertiente)	140	0	0
M2	Vertiente Cocobantsig (zona captación)	122	0	0
M3	Vertiente Cocobantsig (zona recepción)	130	0	0
M4	Vertiente Jatunpugyo (ojo de agua)	150	8	0
M5	Vertiente Alisopugyo (ojo de agua)	180	0	0
M6	Vertiente Pushipugyo 2 (ojo de agua)	142	1	0
M7	Vertiente Pushipugyo 1 (ojo de agua)	160	31	0
M8	Vertiente Jucsiuco 2 (tanque de agua)	42	11	0
M9	Vertiente Jucsiuco (grifo 1)	40	0	0
M10	Vertiente Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	42	0	0
M11	Vertiente Turupamba Toma vertiente 1	58	0	0
M12	Vertiente Yanajakcha Toma vertiente 1	36	38	0
M13	Vertiente Jucsiuco toma vertiente	40	3	0
M14	Vertiente Piaura toma de captación	40	22	0
M15	Vertiente Alpachaca toma de captación	62	21	0
M16	Vertiente Alpachaca, toma de ojo de agua	62	6	0
M17	Vertiente Piaura Toma de ojo de agua	88	23	0
M18	Vertiente Piaura grifo 1	46	7	0
M19	Vertiente Alpachaca grifo 1	50	17	0
M20	Vertiente Torouco toma de captación	32	1	0
M21	Vertiente Torouco grifo 1	42	0	0
M22	Vertiente Pogyorodio grifo 1	44	0	0
M23	Vertiente Pogyorodio toma de captación	46	4	0
M24	Vertiente Pogyorodio toma de vertiente	46	2	0
M25	Vertiente Torouco toma vertiente	36	1	0

## MÉTODOS DE LABORATORIO

Determinación de	Método
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Densidad, Sólidos totales, fijos y volátiles	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico
Aniones y Cationes	Fotométrico
Recuento Enterobacterias	Siembre directa placas Petrifilm

Revisado por:

  
Dra. Moraima Mera  
Jefa Laboratorios ECAA



## CUADRO 7. Resultados análisis de calidad de las fuentes de agua época seca



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE  
IBARRA  
LABORATORIO ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y  
AMBIENTALES  
INFORME DE RESULTADOS**

### Datos:

Solicitado por: GAD Provincial de Imbabura

Atención: Srta Lucy Gómez

Muestra de: Agua época lluviosa

Número de Muestras: 25

Fecha de recepción: 18 – 20 de febrero de 2015

Fecha de análisis: 18 - 27 de febrero de 2015

### Descripción:

Código de laboratorio: 09.0222

Estado: líquida

Fecha entrega de resultados: 02-03-2015

Observaciones: Los resultados corresponden únicamente a las muestras analizadas en laboratorio.

Muestreo por: Cliente

### Análisis Solicitado: FÍSICO-QUÍMICO, BIOLÓGICO, MICROBIOLÓGICO RESULTADOS:

#### PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

Muestra	Corresponde	Color	Olor	Material Particulado
M1	Jatunpugyo (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M2	Cocoavance (Zona de captación)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M3	Pushipugyo (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M4	Cocoavance ( grifo)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M5	Cocoavance 1 (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M6	Alisopugyo (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M7	Pushipugyo 2 (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M8	Yanajakcha (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M9	Turupamba (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M10	Tocagón (toma de grifo 1)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M11	Jucsiuco (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M12	Jucsiuco (toma tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M13	Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	escasa
M14	Vertiente Piaura (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M15	Vertiente Piaura (grifo 1)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M16	Vertiente Alpachaca (grifo 1)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M17	Vertiente Piaura (tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	escasa
M18	Vertiente Alpachaca (ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M19	Vertiente Alpachaca (tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M20	Vertiente Torouco (tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M21	Vertiente Torouco (ojo de agua)	Media amarillenta	imperceptible	media
M22	Vertiente Pogyorodio (tanque de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M23	Pogyorodio (toma ojo de agua)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M24	Vertiente Pogyorodio (grifo 1)	imperceptible	imperceptible	imperceptible
M25	Vertiente Torouco (grifo 1)	imperceptible	imperceptible	imperceptible

Muestra	Corresponde	pH	CE (us/cm)	Densidad (g/ml)	Color (UC)	Turbidez (NTU)
M1	Jatunpugyo (ojo de agua)	6.85	298.0	0.9991	13	0.30
M2	Cocoavance (Zona de captación)	6.95	268.0	0.9992	0	0.42
M3	Pushipugyo (ojo de agua)	7.01	287.0	0.9995	75	6.08
M4	Cocoavance ( grifo 1)	7.19	372.0	0.9994	7	0.38
M5	Cocoavance 1 (ojo de agua)	7.10	268.0	0.9994	16.0	0.41
M6	Alisopugyo (ojo de agua)	7.06	350.0	0.9994	8	0.42
M7	Pushipugyo 2 (ojo de agua)	6.91	322.0	0.9995	10	0.29
M8	Yanajakcha (ojo de agua)	6.60	66.5	0.9992	41	0.79
M9	Turupamba (ojo de agua)	6.56	63.2	0.9993	80	3.97
M10	Vertiente Jucsiuco grifo1	6.52	75.5	0.9993	36	1.45
M11	Jucsiuco (ojo de agua)	6.58	47.8	0.9994	12	0.14
M12	Jucsiuco (toma tanque de agua)	6.68	75.0	0.9994	17	0.24
M13	Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	6.83	65.9	0.9994	25	1.23
M14	Vertiente Piaura (ojo de agua)	6.87	68.6	0.9995	40	1.01
M15	Vertiente Piaura (grifo 1)	6.89	71.3	0.9995	27	0.63
M16	Vertiente Alpachaca (grifo 1)	6.87	71.9	0.9995	20	1.19
M17	Vertiente Piaura (tanque de agua)	6.93	69.2	0.9996	36	0.28
M18	Vertiente Alpachaca (ojo de agua)	6.91	86.6	0.9996	35	0.42
M19	Vertiente Alpachaca (tanque de agua)	6.93	87.3	0.9977	41	1.18
M20	Vertiente Torouco (tanque de agua)	8.92	49.3	0.9992	87	3.47
M21	Vertiente Torouco (ojo de agua)	8.57	32.4	0.9995	180	1.36
M22	Vertiente Pogyorodio (tanque de agua)	8.55	48.6	0.9995	75	3.21
M23	Pogyorodio (ojo de agua)	8.75	48.1	0.9995	78	3.29
M24	Vertiente Pogyorodio (grifo 1)	8.63	52.4	0.9994	53	1.43
M25	Vertiente Torouco (grifo 1)	8.30	67.1	0.9995	87	6.13

Muestra	Corresponde	Sólidos t. Disueltos (mg/l)	Sólidos Volátiles t. (mg/l)	Sólidos Fijos t. (mg/l)	Nitritos NO2 (ppm)	Nitratos NO3 (ppm)
M1	Jatunpugyo (ojo de agua)	240	45	195	0.04	3.9
M2	Cocoavance (Zona de captación)	315	55	260	0.04	2.6
M3	Pushipugyo (ojo de agua)	535	220	315	0.12	4.2
M4	Cocoavance ( grifo 1)	290	215	75	0.03	3.1
M5	Cocoavance 1 (ojo de agua)	160	25	135	0.02	3.4
M6	Alisopugyo (ojo de agua)	295	120	175	0.02	7.7
M7	Pushipugyo 2 (ojo de agua)	355	170	185	0.05	5.7
M8	Yanajakcha ojo de agua	135	20	115	0.03	20.0
M9	Turupamba ojo de agua	40	0	40	0.04	1.3
M10	Vertiente Jucsiuco grifo1	100	55	45	0.04	1.6
M11	Jucsiuco (ojo de agua)	100	70	30	0.04	0.05
M12	Jucsiuco (t tanque de agua)	85	70	15	0.04	1.9
M13	Turupamba y Yanajakcha tanque agua	155	115	40	0.05	1.4
M14	Vertiente Piaura (ojo de agua)	130	35	95	0.04	0.9
M15	Vertiente Piaura (grifo 1)	135	30	105	0.04	1.3
M16	Vertiente Alpachaca (grifo 1)	140	135	5	0.05	1.5
M17	Vertiente Piaura (tanque de agua)	115	30	85	0.04	1.6
M18	Vertiente Alpachaca (ojo de agua)	135	15	120	0.04	0.9
M19	Vertiente Alpachaca (tanque de agua)	160	90	70	0.04	0.8
M20	Vertiente Torouco (tanque de agua)	120	90	30	0.05	0.9
M21	Vertiente Torouco (ojo de agua)	80	30	50	0.03	1.8
M22	Vertiente Pogyorodio (tanque agua)	105	80	25	0.04	1.3
M23	Vertiente Pogyorodio (ojo de agua)	125	85	40	0.03	1.1
M24	Vertiente Pogyorodio (grifo 1)	120	95	25	0.05	1.3
M25	Vertiente Torouco (grifo 1)	105	65	40	0.03	2.5

Muestra	Corresponde	Amonio NH4 (ppm)	Fosfatos PO4 (ppm)	Sulfatos SO4 (ppm)	Cobre (ppm)	Hierro (ppm)
M1	Jatunpugyo (toma ojo de agua)	0.11	8,9	166	<10.0	1.50
M2	Cocoavance (Zona de captación)	0.30	8,2	422	<10.0	6.59
M3	Pushipugyo (toma ojo de agua)	0.21	6,8	798	<10.0	5.60
M4	Cocoavance ( grifo)	0.15	8,1	300	<10.0	6.60
M5	Cocoavance 1 (toma ojo de agua)	0.17	6,6	181	<10.0	4.10
M6	Alisopugyo (toma ojo de agua)	0.12	10,5	254	<10.0	5.38
M7	Pushipugyo 2 (toma ojo de agua)	0.26	7,3	387	<10.0	6.45
M8	Yanajakcha (ojo de agua)	0.18	6,3	120	<10.0	3.62
M9	Turupamba (ojo de agua)	0.19	3,2	300	<10.0	2.62
M10	Vertiente Jucsiuco grifo1	0.11	2,6	90	<10.0	1.98
M11	Jucsiuco (ojo de agua)	0.10	2,1	237	<10.0	1.15
M12	Jucsiuco (toma tanque de agua)	0.13	1,9	300	<10.0	1.02
M13	Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	0.26	2,3	122	<10.0	0.84
M14	Vertiente Piaura (ojo de agua)	0.14	2,1	84	<10.0	1.08
M15	Vertiente Piaura (grifo 1)	0.11	2,3	82	<10.0	0.46
M16	Vertiente Alpachaca (grifo 1)	0.09	0,5	104	<10.0	0.61
M17	Vertiente Piaura (tanque de agua)	0.11	0,5	100	<10.0	1.07
M18	Vertiente Alpachaca (ojo de agua)	0.19	1,6	64	<10.0	1.08
M19	Vertiente Alpachaca (tanque de agua)	0.09	0,3	114	<10.0	2.12
M20	Vertiente Torouco (tanque de agua)	0.06	4,7	180	<10.0	1.51
M21	Vertiente Torouco (ojo de agua)	0.22	95,6	96	<10.0	1.10
M22	Vertiente Pogyorodio (tanque de agua)	0.11	0,5	71	<10.0	1.08
M23	Vertiente Pogyorodio (ojo de agua)	0.21	2,7	70	<10.0	1.40
M24	Vertiente Pogyorodio (grifo 1)	0.06	1,6	93	<10.0	0.87
M25	Vertiente Torouco (grifo 1)	0.12	9,7	102	<10.0	0.91


Muestra	Corresponde	Cloro total (ppm)	Alcalinidad Total (ppm)	Dureza Total (mg CaCO3/L)	Dureza Cálctica (mgCa/L)	Dureza Magnésica (mg/L)
M1	Jatunpugyo (ojo de agua)	0.08	230	168	144	24.0
M2	Cocoavance (Zona de captación)	0.06	200	190	174	16.0
M3	Pushipugyo (ojo de agua)	0.06	202	228	202,4	25,6
M4	Cocoavance ( grifo 1)	0.18	220	166	137,2	28,8
M5	Cocoavance 1 (ojo de agua)	0.03	206	84	66,4	17,6
M6	Alisopugyo (ojo de agua)	0.05	202	48	24.0	24.0
M7	Pushipugyo 2 (ojo de agua)	0.09	222	80	56.0	24.0
M8	Yanajakcha (ojo de agua)	0.03	202	28	12.0	16.0
M9	Turupamba (ojo de agua)	0.06	196	52	36.0	16.0
M10	Vertiente Jucsiuco grifo1	0.04	128	24	17,6	6,4
M11	Jucsiuco (ojo de agua)	0.03	110	32	19,2	12,8
M12	Jucsiuco (tanque de agua)	0.03	118	30	14.0	16.0
M13	Turupamba y Yanajakcha (tanque agua)	0.04	104	24	8.0	16.0
M14	Vertiente Piaura (ojo de agua)	0.07	110	24	11,2	12,8
M15	Vertiente Piaura (grifo 1)	0.05	112	34	18.0	16.0
M16	Vertiente Alpachaca (grifo 1)	0.09	114	24	8.0	16.0
M17	Vertiente Piaura (tanque de agua)	0.08	100	30	14.0	16.0
M18	Vertiente Alpachaca (ojo de agua)	0.06	112	24	8.0	16.0
M19	Vertiente Alpachaca (tanque de agua)	0.06	114	34	18.0	16.0
M20	Vertiente Torouco (tanque de agua)	0.001	64	34	5,2	28,8
M21	Vertiente Torouco (ojo de agua)	0.001	38	38	17,2	20,8
M22	Vertiente Pogyorodio (tanque de agua)	0.01	56	26	2.0	24.0
M23	Pogyorodio (ojo de agua)	0.02	84	34	8,4	25,6
M24	Vertiente Pogyorodio (grifo 1)	0.07	94	30	28,5	1,50
M25	Vertiente Torouco (grifo 1)	0.02	90	40	38.0	2.0

Muestra	Corresponde	Coliformes Totales (UFC/ml)	E Coli (UFC/ml)
M1	Jatunpugyo (ojo de agua)	51	47
M2	Cocoavance (Zona de captación)	5	5
M3	Pushipugyo (ojo de agua)	43	89
M4	Cocoavance (grifo 1)	0	0
M5	Cocoavance 1 (ojo de agua)	0	8
M6	Alisopugyo (ojo de agua)	71	68
M7	Pushipugyo 2 (ojo de agua)	54	41
M8	Yanajakcha (ojo de agua)	0	2
M9	Turupamba (ojo de agua)	0	21
M10	Vertiente Jucsiuco grifo1	0	2
M11	Jucsiuco (ojo de agua)	0	22
M12	Jucsiuco (tanque de agua)	0	31
M13	Turupamba y Yanajakcha (tanque de agua)	0	30
M14	Vertiente Piaura (ojo de agua)	0	32
M15	Vertiente Piaura (grifo 1)	0	8
M16	Vertiente Alpachaca (grifo 1)	0	11
M17	Vertiente Piaura (tanque de agua)	0	11
M18	Vertiente Alpachaca (ojo de agua)	0	20
M19	Vertiente Alpachaca (tanque de agua)	0	11
M20	Vertiente Torouco (tanque de agua)	201	202
M21	Vertiente Torouco (ojo de agua)	0	203
M22	Vertiente Pogyorodio (tanque de agua)	2	25
M23	Pogyorodio (ojo de agua)	12	20
M24	Vertiente Pogyorodio (grifo 1)	0	16
M25	Vertiente Torouco (grifo 1)	8	204

#### MÉTODOS DE LABORATORIO

Determinación de	Método
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Densidad, Sólidos totales, fijos y volátiles	Gravimétrico
Turbidez	Nefelométrico
Aniones y Cationes	Fotométrico
Recuento Enterobacterias	Siembre directa placas Petrifilm

Revisado por:

  
Dra. Moraima Mera  
Jefa Laboratorios ECAA





**Cuadro 8.** Análisis de parámetros físicos de las fuentes de agua, parte baja

Época	Fuentes de agua	Ph	Color (UC)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totales Disueltos (mg/l)
Seca	Alisopugyo	7.24	0.0	0,41	240
	Pushipugyo1	7.22	10.5	0,32	270
	Pushipugyo2	7,35	1.0	0,39	240
	Jatunpugyo	7,26	0.0	0,32	165
Lluviosa	Alisopugyo	7.06	8	0,42	295
	Pushipugyo1	7,01	<b>75</b>	6,08	<b>535</b>
	Pushipugyo2	6,91	10	0,29	355
	Jatunpugyo	6,85	13	0,3	240
<b>Límite permisible</b>		6.0-9.0	20	10	500

Fuente: (Laboratorio ECAA de la PUCE-SI, 2014), (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1),  
Elaboración: La autora

**Cuadro 9.** Análisis de parámetros químicos de las fuentes de agua, parte baja

Época	Fuentes de agua	Hierro Total (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)
Seca	Alisopugyo	0.00	68.0	<b>3.0</b>	0.02	5.0	0.15
	Pushipugyo1	<b>0.60</b>	63.0	<b>2.7</b>	0.02	8.0	0.10
	Pushipugyo2	0.30	117.0	<b>2.0</b>	0.02	6.6	0.11
	Jatunpugyo	0.00	79.0	<b>3.4</b>	0.02	3.2	0.14
Lluviosa	Alisopugyo	<b>5.38</b>	<b>254</b>	<b>10.5</b>	0.02	7.7	0.12
	Pushipugyo1	<b>5.60</b>	<b>798</b>	<b>6.8</b>	0.12	4.2	0.21
	Pushipugyo2	<b>6.45</b>	<b>387</b>	<b>7.3</b>	0.05	5.7	0.26
	Jatunpugyo	<b>1.50</b>	166	<b>8.9</b>	0.04	3.9	0.11
<b>Límite permisible</b>		0.3	250	0.1	1.0	10	1.0

Fuente: (Laboratorio ECAA de la PUCE-SI, 2014), (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 e INEN 1108:2011. Elaboración: La autora

**Cuadro 10.** Análisis de parámetros microbiológicos de fuentes de agua parte baja

Época	Nacimientos de agua	Coliformes Totales UFC/ml	E Coli UFC/ml
Seca	Alisopugyo	0	0
	Pushipugyo1	<b>31</b>	0
	Pushipugyo2	1	0
	Jatunpugyo	<b>8</b>	0
Lluviosa	Alisopugyo	<b>71</b>	<b>68</b>
	Pushipugyo1	<b>43</b>	<b>89</b>
	Pushipugyo2	<b>54</b>	<b>41</b>
	Jatunpugyo	<b>51</b>	<b>67</b>
<b>Límite permisible</b>		<2UFC/100ml	<2UFC/100ml

Fuente: (Laboratorio ECAA de la PUCE-SI, 2014), (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1)  
Elaboración: La autora

**Cuadro 11.** Análisis de parámetros físicos de la fuente Cocobantsig, parte media

Época	Sitios de muestreo	pH	Color (UC)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totales Disueltos (mg/l)
Seca	Naciente Cocobantsig	7,30	0.0	0,00	130
	Tanque 1 Cocobantsig	7,55	4.0	0,31	155
	Tanque 2 Cocobantsig	7,43	0.0	0,32	160
Lluviosa	Naciente Cocobantsig	7,10	10	0,29	160
	Tanque 1 Cocobantsig	6,95	0	0,42	315
	Tanque 2 Cocobantsig	7,19	7,0	0,38	290
<b>Límite permisible</b>		6.0-9.0	20	10	500

Fuente: (Laboratorio ECAA de la PUCE-SI, 2014), (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1),  
Elaboración: La autora

**Cuadro 12.** Análisis de parámetros químicos de la fuente Cocobantsig, parte media

Época	Sitios de muestreo	Hierro (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)
Seca	Naciente Cocobantsig	0,00	49,0	3,6	0,01	1,9	0,23
	Tanque 1 Cocobantsig	0,10	49,0	2,5	0,02	2,0	0,14
	Tanque 2 Cocobantsig	0,00	78,0	3,0	0,02	2,1	0,15
Lluviosa	Naciente Cocobantsig	4,10	181	6,6	0,02	3,4	0,17
	Tanque 1 Cocobantsig	6,59	422	8,2	0,04	2,6	0,30
	Tanque 2 Cocobantsig	6,60	300	8,1	0,03	3,1	0,15
<b>Límite permisible</b>		0.3	250	0.1	1.0	10	1.0

Fuente: (Laboratorio ECAA de la PUCE-SI, 2014), (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1 e  
INEN 1108:2011), Elaboración: La autora

**Cuadro 13.** Análisis de parámetros microbiológicos de la fuente Cocobantsig, parte media

Época	Sitios de muestreo	Coliformes Totales UFC/ml	E coli UFC/ml
Seca	Naciente Cocobantsig	0	0
	Tanque 1 Cocobantsig	0	0
	Tanque 2 Cocobantsig	0	0
Lluviosa	Naciente Cocobantsig	0	8
	Tanque 1 Cocobantsig	5	5
	Tanque 2 Cocobantsig	0	0
<b>Límite permisible</b>		<2UFC/100ml	<2UFC/100ml

Fuente: (Laboratorio ECAA de la PUCE-SI, 2014), (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1),  
Elaboración: La autora

**Cuadro 14.** Análisis de parámetros físicos en fuentes hídricas de la parte alta

Época	Sitios de muestreo	pH	Color (UC)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totales Disueltos (mg/l)
Seca	Naciente Turupamba	8,06	30,0	0,79	80
	Naciente Yanajakcha	7,97	0,0	0,14	90
	Tanque Turupamba Y.	7,84	0,0	0,27	45
	Naciente Jucsiuco	7,93	16,0	0,03	35
	Tanque Jucsiuco	7,78	21,0	0,23	60
	Grifo Jucsiuco	8,3	21,0	1,06	65
	Naciente Piaura	7,93	10,0	0,11	65
	Tanque Piaura	7,59	24,0	0,35	75
	Grifo Piaura	7,97	29,0	0,02	90
	Naciente Alpachaca	8,09	28,0	0,26	90
	Tanque Alpachaca	8,01	34,0	0,19	120
	Grifo Alpachaca	8,12	45,0	0,02	100
	Naciente Torouco	7,59	27,0	2,26	95
	Tanque Torouco	7,57	21,0	1,31	100
	Grifo Torouco	7,85	28,0	1,48	105
	Naciente Pogyorodio	7,82	0,01	0,01	105
	Tanque Pogyorodio	7,81	38,0	2,23	185
Grifo Pogyorodio	7,89	31,0	1,21	60	
Lluviosa	Naciente Turupamba	6,56	80	3,97	40
	Naciente Yanajakcha	6,6	41	0,79	135
	Tanque Turupamba Y.	6,83	25	1,23	155
	Naciente Jucsiuco	6,58	12	0,14	100
	Tanque Jucsiuco	6,68	17	0,24	85
	Grifo Jucsiuco	6,52	36	1,45	100
	Naciente Piaura	6,87	40	1,01	130
	Tanque Piaura	6,93	36	0,28	115
	Grifo Piaura	6,89	27	0,63	135
	Naciente Alpachaca	6,91	35	0,42	135
	Tanque Alpachaca	6,93	41	1,18	160
	Grifo Alpachaca	6,87	20	1,19	140
	Naciente Torouco	8,57	180	1,36	80
	Tanque Torouco	8,92	87	3,47	120
	Grifo Torouco	8,3	87	6,13	105
	Naciente Pogyorodio	8,75	78	3,29	125
	Tanque Pogyorodio	8,55	75	3,21	105
Grifo Pogyorodio	8,63	87	1,43	120	
<b>Límite permisible</b>		6,0-9,0	20	10	500

**Fuente:** (Laboratorio ECAA de la PUCE-SI, 2014), (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1),

**Elaborado:** La autora



**Cuadro 15.** Análisis de parámetros químicos en fuentes hídricas de la parte alta

Época	Sitios de muestreo	Hierro T(mg/l)	Sulfatos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Amonio (mg/l)
Seca	Naciente Turupamba	0,15	46,0	<b>2,7</b>	0,02	0,7	0,16
	Naciente Yanajakcha	0,0	49,0	<b>2,0</b>	0,02	0,8	0,09
	Tanque Turupamba y Yanajakcha	0,09	52,0	<b>1,8</b>	0,02	0,9	0,12
	Naciente Jucsiuco	0,0	47,0	<b>2,7</b>	0,02	0,8	0,14
	Tanque Jucsiuco	0,0	76,0	<b>2,5</b>	0,02	0,7	0,14
	Grifo Jucsiuco	0,13	47,0	<b>2,1</b>	0,02	1,0	0,17
	Naciente Piaura	0,14	85,0	<b>2,4</b>	0,02	0,9	0,11
	Tanque Piaura	0,25	152,0	<b>2,1</b>	0,02	0,9	0,19
	Grifo Piaura	0,14	53,0	<b>1,2</b>	0,02	0,9	0,14
	Naciente Alpachaca	0,09	54,0	<b>2,4</b>	0,02	1,5	0,11
	Tanque Alpachaca	0,12	49,0	<b>1,6</b>	0,01	1,3	0,13
	Grifo Alpachaca	<b>0,38</b>	34,0	<b>2,1</b>	0,02	1,0	0,17
	Naciente Torouco	<b>0,5</b>	71,0	<b>1,8</b>	0,02	0,9	0,15
	Tanque Torouco	<b>0,5</b>	87,0	<b>3,3</b>	0,02	1,8	0,15
	Grifo Torouco	<b>0,42</b>	<b>784,0</b>	<b>1,8</b>	0,02	1,7	0,12
	Naciente Pogyorodio	0,12	69,0	<b>1,7</b>	0,02	0,9	0,10
Tanque Pogyorodio	0,19	59,0	<b>2,8</b>	0,02	1,3	0,54	
Grifo Pogyorodio	<b>0,47</b>	86,0	<b>2,9</b>	0,02	2,4	0,14	
Lluviosa	Naciente Turupamba	<b>2,62</b>	<b>300</b>	<b>3,2</b>	0,04	1,3	0,19
	Naciente Yanajakcha	<b>3,62</b>	120	<b>6,3</b>	0,03	20,0	0,18
	Tanque Turupamba y Yanajakcha	<b>0,84</b>	122	<b>2,3</b>	0,05	1,4	0,26
	Naciente Jucsiuco	<b>1,15</b>	237	<b>2,1</b>	0,04	0,05	0,10
	Tanque Jucsiuco	<b>1,02</b>	<b>300</b>	<b>1,9</b>	0,04	1,9	0,13
	Grifo Jucsiuco	<b>1,98</b>	90	<b>2,6</b>	0,04	1,6	0,11
	Naciente Piaura	<b>1,08</b>	84	<b>2,1</b>	0,04	0,9	0,14
	Tanque Piaura	<b>1,07</b>	100	<b>0,5</b>	0,04	1,6	0,11
	Grifo Piaura	<b>0,46</b>	82	<b>2,3</b>	0,04	1,3	0,11
	Naciente Alpachaca	<b>1,08</b>	64	<b>1,6</b>	0,04	0,9	0,19
	Tanque Alpachaca	<b>2,12</b>	114	<b>0,3</b>	0,04	0,8	0,09
	Grifo Alpachaca	<b>0,61</b>	104	<b>0,5</b>	0,05	1,5	0,09
	Naciente Torouco	<b>1,1</b>	96	<b>95,6</b>	0,03	1,8	0,22
	Tanque Torouco	<b>1,51</b>	180	<b>4,7</b>	0,05	0,9	0,06
	Grifo Torouco	<b>0,91</b>	102	<b>9,7</b>	0,03	2,5	0,12
	Naciente Pogyorodio	<b>1,4</b>	70	<b>2,7</b>	0,03	1,1	0,21
Tanque Pogyorodio	<b>1,08</b>	71	<b>0,5</b>	0,04	1,3	0,11	
Grifo Pogyorodio	<b>0,87</b>	93	<b>1,6</b>	0,05	1,3	0,06	
<b>Límite permisible</b>		0,3	250	0,1	0,1	10,0	1,0

**Cuadro 16.** Análisis de parámetros microbiológicos de las fuentes hídricas de parte alta

Época	Sitios de muestreo	Coliformes Totales UFC/ml	E Coli UFC/ml
Seca	Naciente Turupamba	0	0
	Naciente Yanajakcha	38	0
	Tanque Turupamba y Yanajakcha	0	0
	Naciente Jucsiuco	40	0
	Tanque Jucsiuco	11	0
	Grifo Jucsiuco	0	0
	Naciente Piaura	23	0
	Tanque Piaura	22	0
	Grifo Piaura	7	0
	Naciente Alpachaca	6	0
	Tanque Alpachaca	21	0
	Grifo Alpachaca	17	0
	Naciente Torouco	1	0
	Tanque Torouco	1	0
	Grifo Torouco	0	0
	Naciente Pogyorodio	2	0
	Tanque Pogyorodio	4	0
	Grifo Pogyorodio	0	0
Lluviosa	Naciente Turupamba	0	2
	Naciente Yanajakcha	0	21
	Tanque Turupamba y Yanajakcha	0	30
	Naciente Jucsiuco	0	22
	Tanque Jucsiuco	0	31
	Grifo Jucsiuco	0	2
	Naciente Piaura	0	32
	Tanque Piaura	0	11
	Grifo Piaura	0	8
	Naciente Alpachaca	0	20
	Tanque Alpachaca	0	11
	Grifo Alpachaca	0	11
	Naciente Torouco	0	203
	Tanque Torouco	201	202
	Grifo Torouco	8	204
Naciente Pogyorodio	12	20	
Tanque Pogyorodio	2	25	
Grifo Pogyorodio	0	16	
<b>Límite permisible</b>		<2UFC/100ml	<2UFC/100ml

**CUADRO 17.** Orden de compra

		<b>ORDEN DE COMPRA DE BIENES Y SERVICIOS ÍNFIMA CUANTÍA</b> <b>Nº 0004961</b>	
REQUISICIÓN Nº	<b>GPI DPC 0221-O</b>	FECHA:	<b>23/09/2014</b>
PROVEEDOR:	<b>PUCE SI</b>		
RESPONSABLE ADQUISICIÓN:	<b>DIEGO URVINA</b>		
UNIDAD REQUIRIENTE:			
CERTIFICACIÓN PRESUPUESTARIA:			
DOCUMENTO DE:	<b>INVESTIGACION PROFESIONAL</b>		
NRO.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL
50	ANALISIS FISICO QUIMICO Y MICROBIOLOGICO	42,850	2142,5
NOTA: Sr. Proveedor se solicita que los bienes entregados cumplan con las especificaciones técnicas que se detallan en esta orden de compra, y se solicita la emisión inmediata de la factura para proceder a la cancelación de manera inmediata.		SUB TOTAL	2142,5
		IVA	257,1
		<b>VALOR TOTAL</b>	<b>2399,6</b>
<b>AUTORIZADO POR:</b>		 _____ FIRMA RESPONSABLE	

**CUADRO 18. Factura**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**SEDE - IBARRA**

Dirección: Av. Aurelio Espinosa Pólit, Ciudadela "La Victoria"  
AP: 10 01 734 Fax: 062 815 446 Teléfonos: 062 815 831 / 2615 851 / 2615 483  
CARRIO: PUCESE, EDULEC Email: contabilidad@pucesel.edu.ec PUCE SEDE - IBARRA

R.U.C. 1091705172001  
AUT.SRI: 1115566878

**FACTURA**  
**001 - 002 - 00018813**

Ref.: F041070003  
CONTRIBUYENTE ESPECIAL SEGÚN RESOLUCIÓN No. 636 DESDE EL 01 DE FEBRERO DE 2006

FECHA DE EMISIÓN:	2014/11/07	CEDULA:	1060000180001
NOMBRE:	GOBIERNO PROVINCIAL DE IMBABURA	ESCUOLA - CARRERA:	ESUELAS Y PROGRAMAS / ESUELAS / CC. AGROPECUARIAS
		NACIONALIDAD:	ECUATORIANA

CONCEPTO	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
ANALISIS LABORATORIO ECAA	1.00	2,142.860	2,142.860 I



**TESORERÍA**  
SEDE IBARRA

FIRMA AUTORIZADA

Efec: .00    Dep.: .00    Tarj: 1.00    Cheq: .00    Cred: 2400.00    Otros: .00  
 Descuento: .00    Heza Di. Inhabilitad Eco.: .00

VALOR SERVICIOS FACTURADOS	2,142.86
DESCUENTOS	.00
TOTAL GRAVADO CON TARIFA 0%	.00
TOTAL GRAVADO CON I.V.A.	2,142.86
IMPORTE DEL I.V.A.	257.14
<b>TOTAL FACTURADO</b>	<b>2,400.00</b>

FIRMA DEL CLIENTE

Sales Vaca Patricio Andrés / Gráficas del Norte - Ibarra Telf: 062 611-423 / RUC: 1001774619001/AUT. 2173 del 18801 al 19300 Fecha de Aut. 15-Septiembre 2014 Caduca 15-Septiembre 2015

Original ADQUIRIENTE - Im. Copia EMSOR 2da. Copia SIN VALOR TRIBUTARIO

## ANEXO 5: FOTOGRAFÍAS

### Parte baja del área de reserva hídrica



**Fotografía 1.** Comunidades de la parte baja



**Fotografía 2.** Inspección de las fuentes de agua



**Fotografía 3.** Ganado en la parte baja



**Fotografía 4.** Colecta de totora



**Fotografía 5.** Fuente de agua Jatunpugyo



**Fotografía 6.** Cultivo de frutillas parte baja



## Parte media del área de reserva hídrica



**Fotografía 7.** Cultivo de frutillas parte media



**Fotografía 8.** Zona de captación



**Fotografía 9.** Cultivo de maíz y quinua



**Fotografía 10.** Cultivo de alverja



**Fotografía 11.** Ganado en la parte media



**Fotografía 12.** Entrevista con los actores claves

## Parte alta del área de reserva hídrica



**Fotografía 13.** Vegetación de pajonal



**Fotografía 14.** Identificación de fuentes de agua



**Fotografía 15.** Dialogo con los actores claves



**Fotografía 16.** Fuente de agua Jucusuco



**Fotografía 17.** Actores claves y promotores



**Fotografía 18.** Fuente de agua Turupamba

## Proceso de la toma de muestras de agua



**Fotografía 19.** Naciente de agua Torouco



**Fotografía 20.** Tanque de agua Alpachaca



**Fotografía 21.** Grifo de agua Jucsiuco



**Fotografía 22.** Sellado de la muestra



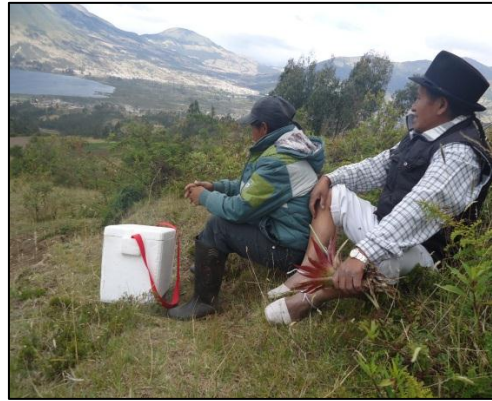
**Fotografía 23.** Etiquetado de la muestra



**Fotografía 24.** Guardado de la muestra en el cooler



**Fotografía 25.** Transporte de la muestra



**Fotografía 26.** Envío de la muestra

### **Medición del caudal**



**Fotografía 27.** Tiempo de llenado del balde



**Fotografía 28.** Caudal medido tanque de agua

### **Flora representativa del área de reserva hídrica**



**Fotografía 29.** Tatora (*Schoenoplectus californicus*)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013



**Fotografía 30.** Eucalipto (*Eucalyptus sp.*)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013



**Fotografía 31.** Sacha capulí (*Vallea stipularis*)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013



**Fotografía 32.** Yagual (*Polylepis* Kunth)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013



**Fotografía 33.** Paja (*Calagrostis* sp.)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013



**Fotografía 34.** Pumamaqui (*Oreopanax ecuadorensis*)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013



**Fotografía 35.** Chuquiragua (*Chuquiraga* sp.)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013



**Fotografía 36.** Mortiño (*Hesperomeles* sp.)  
Fuente: Chimbolema & otros, 2013