

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:  
Ingeniera Ambiental

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PLAN DE PROTECCIÓN DE LAS MICROCUENCAS MAGUAZO Y BOCATOMA  
COMO FUENTES DE CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE  
RIOBAMBA.**

**Autores:**

Viviana Edith Chagñay Lema.

Paola Renata Ricaurte Pulgar.

**Tutor:**

Ing. Patricio Santillán.

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

Los miembros del Tribunal de Graduación el proyecto de investigación de título: “**PLAN DE PROTECCIÓN DE LAS MICROCUENCAS MAGUAZO Y BOCATOMA COMO FUENTES DE CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA**”. Presentado por: Viviana Chagñay, Paola Ricaurte y dirigida por: Ing. Patricio Santillán.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

**Ing. Patricio Santillán**

**Tutor del Proyecto**



.....  
**Firma**

**Ing. Víctor Suárez**

**Miembro de Tribunal**



.....  
**Firma**

**Ing. Benito Mendoza**

**Miembro de Tribunal**



.....  
**Firma**

## AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotras, Viviana Edith Chagñay Lema con cédula de identidad 060519213-7 y Paola Renata Ricaurte Pulgar con cédula de identidad 060348150-8; hacemos referencia como autores del presente trabajo de investigación, titulado: **“PLAN DE PROTECCIÓN DE LAS MICROCUENCAS MAGUAZO Y BOCATOMA COMO FUENTES DE CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, dirigida por el tutor del proyecto, Ing. Patricio Santillán.

Manifetamos la originalidad en la conceptualización de ideas, interpretación de resultados, con el sustento de autores que han sido debidamente referenciados en el documento.



Viviana Edith Chagñay Lema

C.I. 060519213-7



Paola Renata Ricaurte Pulgar

C.I. 060348150-8

## AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a Dios por brindarnos la fortaleza y sabiduría necesaria para desarrollar la presente investigación.

A nuestros padres y familia, por su apoyo incondicional y por todos sus sacrificios realizados para forjarnos un futuro prometedor.

A nuestra querida Universidad Nacional de Chimborazo que nos abrió sus puertas del saber, que junto a nuestros maestros nos formaron a nivel profesional y personal compartiéndonos sus valiosos conocimientos y amistad.

A nuestro amigo y tutor Ing. Patricio Santillán que supo guiarnos durante la investigación, no podemos olvidar al Ing. Benito Mendoza e Ing. Víctor Suarez que nos supieron brindar apoyo en beneficio de nuestra investigación. De igual manera al Ing. Robert Déley e Ing. Juan Lara por estar siempre aptos a nuestros requerimientos y a nuestro querido amigo Ing. Pedro Pérez por apoyarnos siempre.

A la EP-EMAPAR que gracias a la ayuda del Ec. Remigio Pesantez e Ing. Edwin García se abrió la elaboración de este trabajo; también queremos agradecer a la Ing. Cinthia Cevallos, Ing. Mario Maza, Ing. Isabel Tierra, Sres. Luis Haro, Francisco Cabrera y Carlos Garcés que con su buena voluntad y paciencia nos acompañaron en nuestras largas jornadas en el campo, a la Ing. Gianella Muñoz e Ing. Jenny Donoso por colaborarnos en la elaboración de los análisis dentro del Laboratorio.

A todos ustedes, mil gracias...

Paola y Viviana

## DEDICATORIA

Dedico de manera muy especial, desde lo más profundo de mí ser:

A Dios, por haberme permitido concluir esta etapa de mi vida y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposo Andrés e hija Valentina, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más, gracias por sus palabras de aliento y perseverancia que me ayudaron a cumplir con mis ideales.

A mi ángel, mi Madre Julia que desde el cielo me guía y protege en cada momento de mi vida.

A mi abuelito Ángel por su confianza depositada en mí, a mi tío Aldo que a pesar de la distancia fue la primera persona en incentivar me a cumplir este objetivo.

A mi segunda madre Gilda, porque gracias a ella soy lo que soy.

A mi padre Javier, a mi abuelita, tíos, hermanos y demás familiares por apoyarme en cada momento.

Paola

## **DEDICATORIA**

Mi esfuerzo en este proyecto es dedicado a Dios, por su infinito amor, por haberme dado fuerza y valor para cumplir mis anhelos, por no permitirme desfallecer en los momentos difíciles, pero sobre todas las cosas por mis triunfos.

A mis padres Félix y Rosita, pilares fundamentales en mi vida, que mediante su tenacidad y lucha constante han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir, por ser mi apoyo de forma incondicional, por depositar en mí su entera confianza, por sus sabios consejos y por otorgarme el mejor regalo, mi profesión.

A mi hermana Graciela y cuñado Patricio por incentivarne a crecer de manera profesional y personal, no puedo olvidar a mi hermano Jesús y a mis sobrinos Aldana y Joaquín.

Asimismo, a familiares y amigos, quienes han compartido a lo largo de mi vida momentos buenos y malos, demostrándome su lealtad y cariño en cada circunstancia.

Es por ustedes que soy lo que soy ahora.

Viviana

## LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

- ETP:** Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera
- ABI:** Índice Biológico Andino
- ICA:** Índice de Calidad de Agua
- OD:** Oxígeno disuelto
- T:** Temperatura
- SDT:** Sólidos disueltos totales
- pH:** Potencial de hidrogeno
- DBO<sub>5</sub>:** Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
- PDOT:** Plan de Ordenamiento Territorial
- PM1:** Punto de monitoreo 1, río Maguazo
- PM2:** Punto de monitoreo 2, río Maguazo
- PM3:** Punto de monitoreo 3, río Maguazo
- PM4:** Punto de monitoreo 4, río Maguazo
- PA1:** Punto de monitoreo 1, río Alao
- PA2:** Punto de monitoreo 2, río Alao
- PA3:** Punto de monitoreo 3, río Alao
- PA4:** Punto de monitoreo 4, río Alao

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. General.....	2
2.2. Específicos.....	2
3. ESTADO DEL ARTE.....	2
3.1. Cuenca Hidrográfica.....	2
3.1.1. Características morfológicas de la cuenca hidrográfica.....	3
3.2. Índice de Calidad de Agua ICA - NSF (National Sanitation Foundation de Estados Unidos).....	7
3.3. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos.....	8
3.3.1. Índice biológico para Zonas Andinas (ABI).....	8
3.3.2. Índice biológico ETP (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera).....	9
3.4. Matriz FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas).....	9
3.5. Matriz de Leopold para evaluación de impactos ambientales.....	9
3.6. Manejo de Cuencas Hidrográficas en Ecuador.....	11
3.7. Plan de protección.....	12
4. ANTECEDENTES DEL TEMA.....	12
5. METODOLOGÍA.....	15
5.1. Delimitación de la zona de estudio y georreferenciación.....	15
5.2. Toma de muestras.....	15
5.3. Elaboración del Plan de Protección.....	17
6. RESULTADOS.....	18
6.1. Descripción del medio físico, biótico y socio - económico de la zona de influencia.....	18
6.2. Análisis de los parámetros morfométricos de la microcuenca del río Alao.....	20
6.3. Establecimiento de puntos de monitoreo.....	21
6.4. Análisis de caudales de los ríos Alao y Maguazo.....	23
6.5. Análisis de la calidad del agua de los ríos Alao y Maguazo.....	25
6.5.1. Resultados de Índice biológico ETP (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecóptera).....	25
6.5.2. Resultados del Índice Biológico Andino (ABI).....	26
6.5.3. Interpretación del Índice Biológico Andino (ABI) e Índice (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera) ETP.....	27
6.5.4. Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA -NSF).....	27



6.5.5.	Comparación de resultados del Índice de Calidad de Agua ICA - NFS e Índices biológicos ETP y ABI.....	28
6.5.6.	Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con la Legislación Ambiental vigente .....	29
6.6.	Elaboración de la matriz FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenaza de la microcuenca del río Alao.....	30
6.7.	Identificación de Impactos Ambientales mediante la matriz de Leopold .....	31
6.8.	Formulación del plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma.....	37
7.	DISCUSIÓN.....	38
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	40
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	42
10.	ANEXOS .....	44
10.1.	ANEXO 1. Plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de Agua Potable para la ciudad de Riobamba .....	44
10.2.	ANEXO 2. Registro fotográfico del proceso investigativo.....	93
10.3.	ANEXO 3. Macroinvertebrados encontrados durante los monitoreos en las microcuencas Maguazo y Bocatoma.....	98
10.4.	ANEXO 4. Materiales y equipos utilizados para la toma de muestras y análisis de laboratorio. ....	100
10.5.	ANEXO 5. Parámetros ICA - NSF.....	108
10.6.	ANEXO 6. Permiso emitido por el Ministerio del Ambiente (MAE).....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Rangos del coeficiente de Gravelius (Gaspari, 2009).....	5
<b>Tabla 2.</b> Parámetros del ICA y su peso específico (Brown, 1970). .....	7
<b>Tabla 3.</b> Criterios para calcular Magnitud e Importancia (Culqui, 2015).....	10
<b>Tabla 4.</b> Criterios para calcular la Severidad (Culqui, 2015).....	10
<b>Tabla 5.</b> Standard Methods para análisis de parámetros ICA NSF.....	17
<b>Tabla 6.</b> Medio físico, biótico y socioeconómico de la zona de influencia. ....	18
<b>Tabla 7.</b> Parámetros Morfométricos de la microcuenca del río Alao. ....	20
<b>Tabla 8.</b> Descripción de los puntos de muestreo de los ríos Maguazo y Bocatoma. ....	22
<b>Tabla 9.</b> Caudales del río Maguazo (m <sup>3</sup> /s) .....	23
<b>Tabla 10.</b> Caudales del río Alao (EERSA, 2017). ....	25
<b>Tabla 11.</b> Resultados del índice biológico ETP de los ríos Alao y Maguazo. ....	25
<b>Tabla 12.</b> Resultados del Índice Biológico Andino (ABI) de los ríos Alao y Maguazo.....	26
<b>Tabla 13.</b> Macroinvertebrados representativos .....	27
<b>Tabla 14.</b> Resultado de calidad de agua según los Parámetros ICA – NSF de los ríos Alao y Maguazo.....	28
<b>Tabla 15.</b> Usos de agua según el valor numérico del ICA (Vizcaíno, 2009).....	28
<b>Tabla 16.</b> Comparación de parámetros del río Maguazo con el TULSMA. ....	29
<b>Tabla 17.</b> Comparación de parámetros del río Alao con el TULSMA. ....	30
<b>Tabla 18.</b> Matriz FODA de la microcuenca del río Alao.....	31
<b>Tabla 19.</b> Matriz de Identificación de Impactos Ambientales. ....	32
<b>Tabla 20.</b> Matriz de Magnitud de Impactos Ambientales.....	33
<b>Tabla 21.</b> Matriz de Importancia de Impactos Ambientales. ....	34
<b>Tabla 22.</b> Matriz de Severidad de Impactos Ambientales. ....	35
<b>Tabla 23.</b> Resumen de evaluación de impactos según su severidad. ....	36
<b>Tabla 24.</b> Uso y cobertura del suelo en la Parroquia Rural de Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015). ....	55
<b>Tabla 25.</b> Hidrología de la parroquia Pungalá (PDOT de Riobamba, 2015). ....	58
<b>Tabla 26.</b> Clima de la Parroquia Pungalá (Borja, 2015). ....	58
<b>Tabla 27.</b> Flora de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015). ....	59
<b>Tabla 28.</b> Fauna: Mamíferos de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015). ....	65
<b>Tabla 29.</b> Fauna: Animales silvestres de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015)....	66

<b>Tabla 30.</b> Fauna: Aves de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).....	67
<b>Tabla 31.</b> Fauna: Anfibios de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015). .....	69
<b>Tabla 32.</b> Fauna: Insectos de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).....	70
<b>Tabla 33.</b> Población de la parroquia Pungalá (INEC, 2010).....	71
<b>Tabla 34.</b> Disponibilidad de servicios de salud en las comunidades de Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015). .....	72
<b>Tabla 35.</b> Disponibilidad del servicio de recolección de basura en las comunidades (PDOT de Pungalá, 2015).....	74
<b>Tabla 36.</b> Actividades prohibidas, restringidas y permitidas en la Zona 1: Zona de máxima protección.....	76
<b>Tabla 37.</b> Actividades prohibidas, restringidas y permitidas en la Zona 2: Zona de Poblados. ....	77
<b>Tabla 38.</b> Actividades Prohibidas, permitidas y restringidas en la Zona 3: Zona alrededor de la captación de agua que será utilizada como agua potable para la ciudad de Riobamba. ....	78
<b>Tabla 39.</b> Actividades prohibidas, restringidas y permitidas en la Zona 4: Zona de Quebradas. ....	78
<b>Tabla 40.</b> Taller: Conservación Ecológica de las zonas de protección. ....	83
<b>Tabla 41.</b> Costo referencial para la intervención 1.1 para una duración de tres años. ....	83
<b>Tabla 42.</b> Parámetros del monitoreo de la calidad del agua de las microcuencas Maguazo y Bocatoma. ....	86
<b>Tabla 43.</b> Taller: Contaminación del agua y tratamiento de agua residual. ....	86
<b>Tabla 44.</b> Costo referencial para la intervención para una duración de tres años. ....	87
<b>Tabla 45.</b> Taller: Conservación de Quebradas en la Zona. ....	88
<b>Tabla 46.</b> Especies nativas para las zonas sobre los 3500 msnm.....	89
<b>Tabla 47.</b> Costo referencial para la intervención 3.2 para una duración de tres años. ....	90
<b>Tabla 48.</b> Taller: Uso racional de recursos hídricos.....	91
<b>Tabla 49.</b> Costo referencial para la intervención 4.1 para una duración de tres años. ....	91
<b>Tabla 50.</b> Registro fotográfico del proceso investigativo .....	93
<b>Tabla 51.</b> Macroinvertebrados encontrados en las microcuencas Maguazo y Bocatoma.....	98
<b>Tabla 52.</b> Materiales y equipos utilizados en el proceso investigativo. ....	100
<b>Tabla 53.</b> Ecuaciones para cálculo de Qi (Brown, 1970).....	110
<b>Tabla 54.</b> Usos del agua según el valor numérico del ICA calculado (Vizcaíno, 2009). ....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva Hipsométrica.....	21
<b>Figura 2.</b> Mapa de los puntos de monitoreo en la microcuenca del río Alao .....	21
<b>Figura 3.</b> Caudales del río Maguazo .....	24
<b>Figura 4.</b> Río Alao caudaloso .....	24
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de impactos negativos de los componentes ambientales. ....	37
<b>Figura 6.</b> Mapa de la microcuenca del río Alao.....	52
<b>Figura 7.</b> Mapa de ubicación de la microcuenca del río Alao y sus límites. ....	53
<b>Figura 8.</b> Mapa de vías de acceso de la microcuenca del río Alao .....	55
<b>Figura 9.</b> Mapa de uso de suelo de la microcuenca del río Alao .....	56
<b>Figura 10.</b> Mapa de intensidad sísmica de la microcuenca del río Alao. ....	57
<b>Figura 11.</b> Distribución del volumen total de agua concesionada según tipo de uso (PDOT de Pungalá, 2015). ....	73

## RESUMEN

Ecuador, como muchos otros países, sufre un proceso de degradación de los recursos naturales, entre estos, el de sus fuentes hídricas. Este problema es evidente a partir del crecimiento de la población a nivel urbano y rural, ya que, por el anhelo de alcanzar un máximo desarrollo han sobreexplotado los recursos naturales y sus servicios de manera indiscriminada e inconsciente, provocando serias consecuencias al ambiente.

Actualmente, el servicio de agua potable de la ciudad de Riobamba cuenta con nueve redes de distribución de las cuales tres tienen distribución continua, el resto tiene una distribución intermitente en tres horarios de abastecimiento; esto se debe a varios factores, entre ellos a la falta de caudal de producción, pérdidas tanto físicas como comerciales y a la falta de cultura de uso eficiente del agua; produciendo malestar en la comunidad y conflictos sociales.

Para solventar estos inconvenientes, el GADM de Riobamba, realizó una gran inversión que permitirá cubrir este déficit, la cual consiste en la construcción del trasvase “Maguazo-Alao” el cual tiene como fuentes principales las microcuencas de Maguazo y Bocatoma, las mismas que por efectos de construcción y explotación, necesitan de un adecuado plan de gestión.

Con estos antecedentes, el GAD Municipal de Riobamba y la Universidad Nacional de Chimborazo, a través de un convenio interinstitucional, plantearon el presente proyecto de investigación, en el que se proponen soluciones coherentes a la realidad de la zona, partiendo de una evaluación del estado actual de estas microcuencas, mediante el desarrollo de varias etapas lógicas tales como: análisis bibliográfico, análisis de campo y laboratorio, además de la aplicación de las matrices FODA y Leopold; permitiendo determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF), el Índice biológico Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (ETP), el Índice Biológico Andino (ABI) y evaluación de impactos ambientales; siendo esto la base para el establecimiento de alternativas técnicas dentro del plan de protección.

## ABSTRACT


Ecuador, like many other countries, suffers a process of degradation of natural resources, including their water sources. This problem is evident from the growth of the population to the urban and rural levels, since, by the desire to achieve a maximum development the natural resources and services have been exploited indiscriminately and unconscious, causing serious consequences to the environment.

Currently, the water service from the city of Riobamba has nine distribution networks, and three of them have continuous distribution, the rest has an intermittent distribution in three hours of supply; this is due to several factors, among them; the lack of production flow, both physical and commercial losses and to the lack of a culture of efficient water use; producing discomfort in the community and social conflicts.

To overcome these problems, the GADM of Riobamba, made a great investment which will cover this deficit, which consists in the construction of the transfer "Maguazo-Alao" which has as main sources the micro-watersheds of Maguazo and Bocatoma, which require an appropriate management plan. because of the purposes of construction and operation effects.

With this background, the Municipal GAD of Riobamba and The Universidad Nacional de Chimborazo, through an inter-institutional agreement, raised the present research project, which proposes coherent solutions to the reality of the area, based on an assessment of the current state of these micro-watersheds, through the development of several logical steps such as: bibliographic analysis, field and laboratory analysis, in addition to the implementation of the SWOT matrix and Leopold; allowing to determine the water quality index (ICA-NSF), the biological Index Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (ETP), the Andean Biological Index (ABI) and evaluation of environmental impacts; being this the basis for the establishment of technical alternatives within the protection plan.



  
Reviewed by: González, Marcela  
English Professor

## 1. INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas a nivel mundial presentan problemas de degradación de sus recursos naturales debido al mal uso y manejo de los mismos, lo cual repercute negativamente en las actividades productivas, disminución en calidad y cantidad de los recursos agua y suelo y en el nivel y calidad de vida de los habitantes de la cuenca, favoreciendo la ocurrencia de riesgos a desastres naturales (Zambrana, 2008).

En las zonas de laderas el equilibrio ecológico de los ecosistemas se ve afectados por los productores debido al mal manejo de los suelos, provocando erosión superficial, pérdida de la capacidad de retención o infiltración del agua y disminución de la productividad de los suelos, entre otros (Zambrana, 2008).

En Ecuador también se observa este tipo de problemática, la cual ha sido notoria con el pasar de los años y a pesar de ser un país rico en recursos y de poseer grandes fuentes hídricas, el abastecimiento de agua actual para las ciudades es limitado debido a que no existe una planificación para la gestión integral de los recursos hídricos por parte de los gobiernos municipales y a la falta de financiamiento que se requiere para dar un servicio de calidad, lo que impide la protección de este recurso.

La ciudad de Riobamba, capital de la provincia de Chimborazo no está exenta de este problema, pues la demanda insatisfecha es del 50% en términos de continuidad ya que el servicio que reciben actualmente es intermitente con un promedio de 8 horas diarias, la causa principal que origina el desabastecimiento se encuentra en la línea de conducción, que se rompen continuamente, además de ser atacada por conexiones clandestinas e instalaciones intra domiciliarias deficientes que producen pérdidas, por lo que se ha visto la necesidad de que algunos barrios sean dotados de servicio de agua potable a través de tanqueros (EP-EMAPAR, 2009).

Frente a la escasez del líquido vital en la ciudad de Riobamba, la EP-EMAPAR como ente encargado de este recurso, a través del Plan maestro de agua potable y alcantarillado al buscar alternativas para solucionar esta problemática, y tras realizar estudios hidrológicos de diferentes afluentes llega a considerar a los ríos Maguazo y Alao (EP-EMAPAR, 2009), dentro de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como potenciales fuentes para el abastecimiento y aumento de caudal, mediante la construcción del trasvase de agua potable que lleva su mismo nombre, lo que ayudará a incrementar los caudales de distribución de agua potable de

Riobamba a 500 l/s, garantizando a la población de la ciudad el servicio del líquido vital en forma permanente hasta el año 2040 (EP-EMAPAR, 2009).

La formulación del plan de protección está orientado y enfocado al aprovechamiento racional de los recursos naturales, el cual debe contribuir a mantener o mejorar la capacidad productiva de la tierra, las funciones hidrológicas y las condiciones socioeconómicas de la población que habita en la unidad hidrográfica.

Por estos motivos es indispensable establecer un plan de protección de las microcuencas, mediante el establecimiento de criterios y lineamientos que contribuyan al correcto manejo y gestión de la zona, lo que ayudará a satisfacer las necesidades y mejorar las condiciones de vida de la población de Riobamba sin deteriorar la calidad del agua de las cuencas hidrográficas, además de que las generaciones presentes y futuras puedan beneficiarse de ella de manera segura y sostenible a lo largo del tiempo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. General**

- Establecer el plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de agua potable para la ciudad de Riobamba.

### **2.2. Específicos**

- Caracterizar las microcuencas en términos de calidad del agua (ICA NSF) para conocer el estado actual de la unidad hidrográfica.
- Evaluar la calidad de agua mediante macroinvertebrados utilizando los índices ETP (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) y el Índice Biológico Andino (ABI).
- Plantear medidas ambientales para la protección de las microcuencas.

## **3. ESTADO DEL ARTE**

### **3.1. Cuenca Hidrográfica**

Según Aguirre (2011). Una cuenca hidrográfica constituye el espacio del territorio, independiente de las fronteras políticas-administrativas, en el cual naturalmente discurren todas las aguas (aguas provenientes de precipitaciones, de deshielos, de acuíferos, etc.) hacia un



único lugar o punto de descarga (que usualmente es un cuerpo de agua importante tal como un río, un lago o un océano).

Las cuencas hidrográficas brindan innumerables servicios ambientales que son desconocidos por las poblaciones que se asientan en ella, en tal sentido, estos servicios enfrentan importantes amenazas como, la sobreexplotación de los recursos (agua y suelo), la construcción de infraestructura de grandes dimensiones que alteran el funcionamiento natural, la contaminación, etc. Es por tal motivo que se debe realizar un manejo integral de cuencas hidrográficas, con la finalidad de mantener los servicios ambientales, que las cuencas brindan (Aguirre, 2011).

Por lo tanto, las cuencas hidrográficas deben ser tratadas como unidades de planificación ordenamiento territorial y gestión, para el manejo de los recursos naturales, ya que la conservación de estos recursos no está circunscrita a límites geográficos o políticos, sino más bien al accionar y características sociales, culturales y económicas de la población asentada dentro de la cuenca y el deterioro ambiental que generan sus prácticas de producción (Gaspari, 2009).

### **3.1.1. Características morfológicas de la cuenca hidrográfica**

Las características fisiográficas de una cuenca hidrográfica pueden ser explicados, mediante el procesamiento de la información cartográfica y topográfica de la zona de estudio (Gaspari, 2009). Estos parámetros morfométricos se obtienen mediante un conjunto de estimaciones realizadas al emprender un estudio de tipo hidrológico, para determinar las condiciones hidrológicas básicas (Aguirre, 2007).

El análisis morfométrico permite conocer las características físicas de una cuenca mediante el estudio de las particularidades de superficie, relieve e hidrografía, que permite realizar comparaciones con otras cuencas y ayuda a entender el complejo de su funcionamiento hidrológico y las consideraciones necesarias para su manejo (Aguirre, 2007).

Los parámetros morfométricos se clasifican en:

#### **3.1.1.1. Parámetros de forma**

##### **Perímetro (P)**

Es la medición del contorno que encierra el área de la cuenca hidrográfica, por la divisoria de aguas (Gaspari, 2009).

### **Longitud Axial (La)**

Es la distancia entre el desagüe y el punto más lejano de la cuenca. Es el eje de la cuenca (Beltrán, 2010). Es decir, es la mayor distancia medida en kilómetros, desde la parte más alta de la cuenca hasta su desembocadura, en sentido del cauce principal (Fierro & Jiménez, 2011).

### **Área (A)**

Es la superficie encerrada por la divisoria de aguas medida en kilómetros, que permite definir el tamaño y el nombre para la caracterización de la cuenca (Gaspari, 2009).

### **Ancho promedio (Ap)**

Es la relación entre la superficie de la cuenca con su longitud axial obtenida en kilómetros (Burbano, 1989). Se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L), y se designa por la letra W. De forma que:

$$W = A/L.$$

### **Factor de forma (IF)**

Este es un indicador que nos permite aproximar la forma de la cuenca a una forma geométrica, a fin de poder determinar la velocidad con la que el agua llega al río principal de la cuenca (Fierro & Jiménez, 2011). Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Por este motivo es importante conocerlo para tener referencias en las crecientes de la red hidrográfica; una cuenca alargada es menos susceptible a crecidas de gran magnitud que una redondeada (Beltrán, 2010).

Cuando IF es similar a 1, se está ante una cuenca de forma redondeada, y en los casos en que IF es menor a 1, se caracteriza por ser una cuenca alargada (Gaspari, 2009).

### **Coefficiente de compacidad de Gravelius (Kc)**

Es un índice adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo de área equivalente al de la cuenca (Burbano, 1989). De la siguiente manera:

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde P es el perímetro (Km) y A el área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

El valor de este parámetro varía entre 1 y 1,75, este valor será mayor a medida que aumente la irregularidad de la forma de la cuenca. Cuando el valor es más cercano a 1 la cuenca se asemeja a una circunferencia y el tiempo de concentración es menor, haciéndola más susceptible a las crecidas (Gaspari, 2009).

**Tabla 1.** Rangos del coeficiente de Gravelius (Gaspari, 2009).

Valor Kc( Coeficiente de Gravelius)	Forma de la Cuenca
Kc=1.00	Redonda
Kc=1.25	Oval redonda
Kc=1.50	Oblonga
Kc=1.75	Rectangular oblonga

### **Índice de alargamiento (Ial)**

Es el cociente entre el recorrido más largo del agua y el ancho promedio del área drenada de la cuenca (Fierro & Jiménez, 2011). Cuando este índice tiene un valor alto, se asemeja a un rectángulo de iguales dimensiones que las de la cuenca, tomando una forma alargada y formando un pequeño ángulo entre el cauce principal y los afluentes de la red hidrográfica (Gaspari, 2009). Este se relaciona con el tiempo de concentración de la cuenca (Gaspari, 2013).

### **Índice de homogeneidad (Ih)**

Se define como la relación que existe entre el área de la cuenca y un rectángulo de igual superficie, complementario al índice de alargamiento (Gaspari, 2009).

#### **3.1.1.2. Parámetros de relieve**

### **Curva hipsométrica (CH)**

Es la distribución del área de las áreas parciales de la cuenca de acuerdo a un rango de elevación. Permite obtener la relación hipsométrica mediante el análisis altitudinal con el límite de la cuenca, el intervalo de altitud seleccionado debe ser una equidistancia para todas las áreas parciales de la cuenca (Gaspari, 2009).

### **Altura Media (h)**

Este factor expresa la altura definida por el volumen de la cuenca en relación a la superficie de la misma (Gaspari, 2009).

### **Pendiente media de la cuenca (PM)**

Este parámetro es la media ponderada de todas las pendientes de las áreas elementales en las que se considera constante la máxima pendiente. Es decir, muestra el grado de rugosidad que tiene el suelo de la cuenca expresado en porcentaje (Beltrán, 2010).

### **Coefficiente de rugosidad (Ra)**

Se define como la relación entre el desnivel de la cuenca y su densidad de drenaje, este factor es adimensional (Gaspari, 2009).

#### **3.1.1.3. Parámetros relativos a la red hidrográfica**

**Número de orden de los cursos de agua:** Es un valor asignado en base al número de ramificaciones que presenta la red hidrográfica, si esta llega a tener un número de orden mayor que otra cuenca de área similar, indica que la cuenca estudiada es mayor el potencial erosivo, el transporte de sedimentos y el escurrimiento directo (Gaspari, 2009). Para determinar el número de orden de drenaje de una cuenca, se puede recurrir a los criterios de Schumn y Horton. Schumn asigna el primer orden 1 a todos los cauces que no tienen tributarios y, en general la unión de dos cauces de igual orden origina un orden inmediatamente superior y la unión de dos de diferente orden dan origen a otro conservando el orden mayor entre los dos, así se repite el proceso hasta determinar el orden de la cuenca, que es el orden que obtendrá el cauce principal (Beltrán, 2010). Horton en cambio asigna el orden 1 a uno de los tributarios simples confluyentes, siendo el otro inmediatamente de orden superior, sucesivamente se repite el proceso hasta llegar al número de orden de la cuenca (Gaspari, 2009).

**Densidad de drenaje (Dd):** Se define como el grado de dificultad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar el agua de las precipitaciones por su red hidrográfica (Gaspari, 2013). La red hidrográfica es el drenaje natural, permanente o temporal, por el que el escurrimiento superficial (Rosero, 2014). Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregulares y regulares de la cuenca y la superficie total de la misma.

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

Dd = Densidad de drenaje

Li = Largo total de los cursos de agua en Km

A = Superficie de la cuenca en Km

**Pendiente media del cauce (J):** La pendiente media del cauce se obtiene a partir del desnivel topográfico que se presenta sobre el cauce principal y su longitud (Beltrán, 2010). Al aumentar la pendiente aumenta la velocidad del agua por la red hidrográfica, haciendo más susceptible a la cuenca a procesos erosivos y al arrastre de materiales (Gaspari, 2013).

**Tiempo de concentración (Tc):** Es el tiempo que le toma llegar a la última gota de agua caída en la parte más lejana de la cuenca al desagüe (Beltrán, 2007). Para realizar esta determinación el tiempo de duración de la precipitación es por lo menos igual al tiempo de concentración y que se distribuye uniformemente en toda la cuenca (Gaspari, 2009).

### 3.2. Índice de Calidad de Agua ICA - NSF (National Sanitation Foundation de Estados Unidos)

Uno de los índices más difundidos para el estudio de la calidad del agua es el Water Quality Index (WQI), desarrollado en 1970 por la National Science Foundation de los Estados Unidos (NSF), para comparar la calidad de distintos ríos sitios en lugares distantes del país. En nuestro medio se lo conoce como ICA Brown.

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no. Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros (Tabla 2).

**Tabla 2.** Parámetros del ICA y su peso específico (Brown, 1970).

I	Parámetros Qi	Wi
1	Coliformes fecales	0.16
2	pH	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08

8	Sólidos disueltos totales	0.07
9	Oxígeno Disuelto	0.17

En el (Anexo 5), se detalla la importancia de los parámetros seleccionados para el cálculo del ICA y su incidencia en la calidad del agua.

### **3.3. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos**

Es un organismo, acuático en este caso, que por su mera presencia o mayor o menor abundancia nos indica alguna condición del ecosistema acuático, como el grado de contaminación.

Lo importante es que los diferentes taxones de macroinvertebrados presentan niveles de tolerancia muy variados frente a distintos tipos de perturbaciones del ecosistema, de manera que podemos asociar la presencia de diferentes grupos de macroinvertebrados con la existencia o no de una perturbación concreta. Así, mientras que los plecópteros son muy sensibles a la contaminación del agua, la mayoría de los dípteros son muchos más tolerantes. Por lo tanto, la presencia y abundancia de diversas familias de plecópteros en un tramo fluvial nos indica la ausencia de contaminación en el mismo. La utilización de indicadores biológicos frente a los habituales análisis físico-químicos de los ecosistemas acuáticos presenta numerosas ventajas, entre las que destacan: la integración espacial y temporal, de manera que la información que nos aportan no se reduce ni al tramo ni al momento concreto en el que se estudian; y la capacidad de respuesta frente a diferentes tipos de perturbaciones del ecosistema, no solo frente a la calidad química del agua, de manera que son capaces de detectar la alteración que se produce en el río frente a perturbaciones como la regulación hidrológica, alteraciones del hábitat fluvial, invasiones biológicas, etc. Las perturbaciones producidas por las acciones del ser humano en la calidad del agua de un río pueden provocar cambios en toda la comunidad, llegando al punto de reducir la comunidad a unas pocas especies tolerantes (Prat, 2009).

#### **3.3.1. Índice biológico para Zonas Andinas (ABI)**

El índice biológico ABI (Acosta et al. 2009) sirve para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos. Este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia de macroinvertebrados registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los

puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio.

### **3.3.2. Índice biológico ETP (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera)**

La abundancia de los macroinvertebrados bénticos en la cadena alimentaria acuática, ellos juegan un papel crítico en el flujo natural de energía y nutrientes. Al morir los macroinvertebrados bénticos, se descomponen dejando atrás nutrientes que son aprovechados por plantas acuáticas y otros organismos que pertenecen a la cadena (Roldán, 1988). Este índice toma en cuenta a los individuos de las familias que se encuentran en el muestreo; se inicia sumando a los individuos de los órdenes de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{ETP (\%)} = \frac{\Sigma(E+T+P)}{\Sigma \text{Total de individuos}} * 100$$

Donde:

ETP (%) = índice biótico Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera,

E = total de individuos de Ephemeroptera,

P = total de individuos de Plecoptera,

T = total de individuos de Trichoptera.

### **3.4. Matriz FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas)**

El diagnóstico situacional FODA es una herramienta que posibilita conocer y evaluar las condiciones de operación reales de una organización, a partir del análisis de esas cuatro variables principales, con el fin de proponer acciones y estrategias para su beneficio. Las estrategias deben surgir de un proceso de análisis y concatenación de recursos y fines, además ser explícitas, para que se constituyan en una “forma” viable de alcanzar sus objetivos (Ramírez, 2012).

### **3.5. Matriz de Leopold para evaluación de impactos ambientales**

La matriz de Leopold permite determinar la afectación asociada a las actividades que se desarrollan en la microcuenca, se realiza una evaluación de impactos ambientales, identificando las relaciones que se producen entre el área de estudio y los factores ambientales, permitiendo identificar los impactos (Culqui, 2015).

Para dicha evaluación se debe calcular la magnitud, importancia y severidad.

Para calcular la magnitud (Tabla 3), se considera los siguientes criterios: Peso del criterio de intensidad (i): 0.40; Peso del criterio de extensión (e): 0.40; Peso del criterio de duración (d): 0.20

$$M = (i \times 0.40) + (e \times 0.40) + (d \times 0.20)$$

Para calcular la importancia (Tabla 3), se considera los siguientes criterios: Peso del criterio de extensión (e): 0.40; Peso del criterio de reversibilidad (R): 0.35; Peso del criterio de riesgo (q): 0.25

$$I = (e \times 0.40) + (R \times 0.35) + (q \times 0.25)$$

**Tabla 3.** Criterios para calcular Magnitud e Importancia (Culqui, 2015).

<b>Magnitud</b>			
<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Carácter</b>	<b>Valor</b>
<b>Intensidad</b>	<b>i</b>	Alta	3
		Moderada	2
		Baja	1
<b>Extensión</b>	<b>e</b>	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
<b>Duración</b>	<b>d</b>	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
<b>Importancia</b>			
<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Carácter</b>	<b>Valor</b>
<b>Reversibilidad</b>	<b>e</b>	Irrecuperable	3
		Poco recuperable	2
		Recuperable	1
<b>Riesgo</b>	<b>R</b>	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1
<b>Extensión</b>	<b>q</b>	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1

Una vez determinada la magnitud y la importancia, se calcula la severidad del impacto (Tabla 4), multiplicando los dos factores:

$$S = M \times I.$$

**Tabla 4.** Criterios para calcular la Severidad (Culqui, 2015).

<b>Escala de valores estimados</b>	<b>Severidad de impacto</b>	<b>Color</b>
1.0 – 2.0	Bajo	
2.1 – 3.6	Medio	
3.7 – 5.3	Alto	
5.4 – 9.0	Crítico	



### **3.6. Manejo de Cuencas Hidrográficas en Ecuador**

En Ecuador el sistema hidrográfico natural está determinado por la cordillera de los Andes formando 31 Sistemas Hidrográficos de los cuales 24 pertenecen a la vertiente del Pacífico, con una superficie total de 124644 Km<sup>2</sup> y 7 a la vertiente del Amazonas con una superficie de 131726 Km<sup>2</sup>, correspondiendo respectivamente al 49 % y 51% del total de la superficie del país (Valencia, 2013). Hasta hace pocos años el manejo de las cuencas estaba dirigido a solucionar los problemas enfocados al recurso hídrico; sin darle importancia al manejo integrado de los recursos de la cuenca, acciones que han ocasionado un sinnúmero de problemas sociales y ambientales (Aguirre, 2007).

La diversidad de ecosistemas y condiciones ambientales que presenta Ecuador, se han convertido en uno de los principales problemas en el manejo integral de cuencas, ya que es necesario realizar varios estudios individualizados para cada cuenca (Aguirre, 2007). Sin embargo, se ha establecido como uno de los objetivos de desarrollo del país establecer mecanismos integrales y participativos que permitan conservar, preservar y restaurar la funcionalidad de las cuencas hidrográficas, con conceptos de equidad, a fin de alcanzar el desarrollo sustentable (SENPLADES, 2014). Para alcanzar este objetivo los diferentes actores involucrados en todos los niveles de gobierno y organización social, integrarán las actividades de gestión basadas en los lineamientos de la política nacional y sectorial considerando las necesidades sociales y ambientales (SENPLADES, 2014).

Con la finalidad de poder cumplir con este objetivo se ha puesto en marcha el desarrollo e implementación de un sistema hídrico nacional, para caracterizar y cuantificar los usos que se le da al agua por cuenca hidrográfica (SENPLADES, 2013). Visto el grave problema de explotación de los ecosistemas de alta montaña que afecta a las reservas naturales de agua, se ha implementado mecanismos para detener el deterioro del ambiente e incentivar la reforestación en áreas erosionadas para la recuperación de los suelos y la protección de las cuencas hidrográficas (SENPLADES, 2013).

Dentro del manejo de las cuencas hidrográficas en Ecuador es fundamental tener en cuenta al ecosistema páramo, ya que por su capacidad de retención garantiza la calidad y cantidad de agua que alimenta a las cuencas (Heinz, 2014). Este ecosistema en cierta medida ha sido protegido por la altura en el que se desarrolla, sus condiciones climáticas y el difícil acceso, sin embargo, los efectos antrópicos son considerables, al igual que sobre los otros ecosistemas presentes en el país (Heinz, 2014).

Finalmente, mencionar que La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua del año 2014 establece en su Artículo 35 que: “La cuenca hidrográfica constituirá la unidad de planificación y gestión integrada de los recursos hídricos en el Ecuador”. Concepto fundamental para la realización de proyectos de manejo y conservación de recursos naturales, que complementa a uno de los principales objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir, que establece: “Garantizar la gestión integral de cuencas hidrográficas, su regulación, su uso y una educación ambiental que incentive la cultura del agua y privilegie el ahorro y el uso racional de la misma en los ámbitos doméstico, industrial y agrícola de acuerdo con la propuesta de cambio de matriz productiva y eficiencia energética”.

### **3.7. Plan de protección**

La protección de una cuenca hidrográfica es el proceso de formulación y ejecución de un sistema de acción que incluye el manejo adecuado de los recursos de la cuenca para la obtención de bienes y servicios, sin afectar negativamente a los recursos de suelos y aguas. Normalmente la protección de una cuenca hidrográfica debe considerar los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro y fuera del área de la cuenca (Borja, 2015).

La protección de una cuenca hidrográfica incluye la adopción de decisiones sobre el uso de los recursos para muchos fines, es fundamental un enfoque multidisciplinario, el trabajo debe incluir instituciones gubernamentales de diversas disciplinas y personas procedentes de distintos sectores sociales por otro lado, la participación de demasiados elementos puede ser causa de ineficacia y de unos resultados finales insatisfactorios (Borja, 2015).

La participación debe limitarse a los representantes de las diferentes instituciones gubernamentales y a las comunidades locales que estén directamente afectadas.

Es responsabilidad del gestor o planificador de la cuenca hacer saber a las autoridades del gobierno que la protección de una cuenca hidrográfica es un proceso continuo y flexible.

La conservación ambiental es la manera o forma de proteger y preservar el futuro de la naturaleza, el medio ambiente o, específicamente algunas de sus partes: la flora y la fauna, las distintas especies, los distintos ecosistemas, los valores paisajísticos, entre otros (Borja, 2015).

## **4. ANTECEDENTES DEL TEMA**

Entre 1990 y 2010, cerca de 2.300 millones de personas lograron acceder a mejores fuentes de agua potable. Se trata de un dato positivo, pero no suficiente. Todavía hay más de 700 millones

de personas que no tienen acceso a agua limpia y potable para llevar una vida sana. En la edición de 2016 del Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo se estima que alrededor de 2.000 millones de personas necesitan acceso a mejores servicios de saneamiento (ONU, 2016).

El agua potable, apta para el consumo humano, está al borde de una crisis mundial de escasez. Quizás agua hay, pero no toda la que existe se puede tomar sin perjuicio para la salud humana y animal. Hoy en día el agua no puede seguir siendo vista como un recurso inagotable y abundante. Con sus acciones, el hombre está reduciendo cada vez más la cantidad de este líquido que puede serle útil (Bautista, 2009).

Además de la contaminación, la tala de los árboles, que ayudan a regular el recurso hídrico, ha generado un desorden que se traduce en períodos de fuertes inundaciones y de sequías extremas. Esto ha contribuido a que haya épocas de gran escasez, que perjudican tanto al hombre como a los ecosistemas, y a extender la desertificación de las tierras (ONU, 2011).

El problema es tanto de calidad por la contaminación como de cantidad y no solo afecta la salud de las personas, su calidad de vida y el desarrollo de los países, sino también a los ecosistemas acuáticos y terrestres, de los cuales depende la vida sobre el planeta Tierra incluyendo, por supuesto, la de los hombres (ONU, 2011).

Pese a su relativa escasez, Ecuador es un país rico en recursos hídricos, cuenta con una escorrentía media total de 432,000 hm<sup>3</sup> por año, lo que se traduce en 43,500 m<sup>3</sup> por habitante al año, siendo superior a la media mundial de 10,800 m<sup>3</sup> por habitante. Este volumen de agua, corre a través de las 79 cuencas hidrográficas y 137 subcuencas que posee el país. Estas cuencas, se encuentran distribuidas a lo largo de dos vertientes que nacen de la sierra ecuatoriana (FONDOS DE AGUA, 2016).

Tomando en cuenta la riqueza de los recursos hídricos dentro del territorio nacional y viendo la necesidad de proteger este valioso recurso el Ministerio del Ambiente implementa el sistema de áreas protegidas, el cual incluye a los, bosques protectores, cuencas y subcuencas hidrográficas relacionados con los principales centros poblados a nivel continental, definiendo la factibilidad de que el SNAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas), además de ofrecer protección a la diversidad biológica, también garantice la conservación y el manejo adecuado de los ecosistemas de agua dulce, integrando al sistema nacional los intereses de conservación

provinciales, municipales, comunitarios y privados para los centros poblados, áreas industriales y agropecuarias (MAE, 2007).

En Ecuador, la gestión del recurso hídrico es una tarea prioritaria y permanente que debe realizarse en todo el territorio con miras a racionalizar su conservación y el mejor aprovechamiento. La Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, dentro de la actual estructura organizativa del Estado, es la autoridad única del agua y el organismo encargado de la administración del recurso. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI tiene la responsabilidad de proveer la información hidrometeorológica básica en este campo que posibilite determinar la disponibilidad del agua superficial y subterránea (CEPAL, 2012).

En la ciudad de Riobamba a través de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba EP - EMAPAR, se encuentran dos fuentes de abastecimiento principales para el sistema de agua potable, situadas a 14 km de la ciudad: una en San Pablo, que recoge la descarga de varios afloramientos naturales, cuyo caudal es del orden de los 285 l/s y que funciona a gravedad; y, la segunda, situada en Llío, que consiste en un sistema de bombeo de pozos de donde se extraen actualmente 180 l/s. Adicionalmente cuenta con algunos pozos ubicados dentro del perímetro urbano de la ciudad integrados al sistema y otros, en proceso de integración (EP-EMAPAR, 2009).

En vista, que los requerimientos de agua potable son superiores a la disponibilidad, la I. Municipalidad del cantón Riobamba, a través, de la Ex Dirección de Agua Potable y en la actualidad, de EP-EMAPAR, ha considerado la posibilidad, por un lado, de explotar y aprovechar el recurso hídrico subterráneo, mediante la perforación y construcción de pozos profundos; y, por otro, mediante la captación de las aguas de los ríos Alao y Maguazo pertenecientes a las microcuencas Maguazo y Bocatoma que se circunscribe dentro de la subcuenca del río Chambo la cual tiene un relieve muy irregular (EP-EMAPAR, 2009).

De acuerdo al Plan maestro de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Riobamba, en el sector de estudio se observa que las micro cuencas han sido intervenidas, mientras que la vegetación que ha permanecido, es la que está localizada en las zonas de fuerte pendiente en los que se destaca la paja, pencos, sigsales, chilcas, guagual, moras. Los bosques primarios han sido talados para implantar pastizales que son manejados por comunas del sector. Los usos de suelo en la cuenca alta son la crianza de ganado vacuno, porcino, ovino, agricultura y explotación minera, causando impactos sobre el recurso hídrico de las microcuencas que en su trayecto servirá como agua de consumo (EP-EMAPAR, 2009).

## **5. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de la presente investigación se obtuvo la autorización de investigación científica N° 005-C-DPACH-MAE-2017 emitida por del Ministerio del Ambiente (MAE), con el tema: Plan de protección de las Microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba, el cual estableció obligaciones y condiciones para el desarrollo de la investigación debido a que la zona de estudio está ubicada dentro de la zona de amortiguamiento del área protegida del Parque Nacional Sangay (Anexo 6).

Además, se siguió métodos y técnicas de manera ordenada y lógica, que permitieron el conocimiento objetivo de la realidad, mediante fuentes documentales como: Plan maestro de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba, PDOT de Pungalá y PDOT de Riobamba, se obtuvo información secundaria y para la validación y comprobación de dicha información se aplicó encuestas y observación directa de la unidad hidrográfica.

### **5.1. Delimitación de la zona de estudio y georreferenciación**

Se realizó el recorrido de las microcuencas Maguazo y Bocatoma con fechas 9 y 10 de mayo respectivamente, donde se identificaron las zonas pobladas y las diferentes actividades ganaderas, agrícolas y productivas del sector, una vez georreferenciada la zona, de dicha información se realizó un SIG (Sistema de información geográfica) con la finalidad de analizar y establecer los puntos de muestreo idóneos para el desarrollo de la presente investigación.

### **5.2. Toma de muestras**

El muestreo se realizó según las condiciones climáticas, ubicación geográfica, accesibilidad del terreno, disponibilidad de transporte, apoyo técnico brindado por la EP - EMAPAR y las condiciones de seguridad in situ.

El monitoreo se realizó durante los meses de junio, julio y agosto, realizando 4 visitas por cada río de las cuales en la primera visita se recolectó muestras para los parámetros ICA-NSF y en las siguientes visitas se recolectaron además muestras de macroinvertebrados según cada punto de muestreo con un intervalo de 15 días por cada uno.

### **5.2.1. Muestreo IN SITU**

En cada punto se procedió a llenar la ficha de campo para el levantamiento de información donde se establecieron las condiciones presentadas en ese momento.

Además, se procedió a tomar el registro fotográfico para evidenciar el trabajo realizado.

#### **5.2.1.1. Recolección de muestras para los parámetros establecidos en el Índice de Calidad de Agua ICA-NSF**

La técnica de muestreo se realizó de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176 y el Manejo y conservación de muestras de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169.

#### **5.2.1.2. Recolección de macroinvertebrados**

Para la recolección de las muestras se utilizó una red tipo “D”, en cada sitio de muestreo se realizó una colección multihábitat para cubrir todas las condiciones que se encuentran en los ríos (rápidos, lentos, pozas y vegetación acuática). La identificación de los macroinvertebrados se realizó en mayor parte in situ debido a que estos mediante su movilidad eran visualizados con mayor facilidad, además de que el resto del sustrato colectado era llevado al laboratorio en un frasco plástico de boca ancha al que se le adicionaba formol al 10% para la preservación de las muestras (Déley & Santillán, 2016).

#### **5.2.1.3. Medición de caudal**

Para la toma de caudales se utilizó el método del flotador que relaciona el área de la sección que conduce el agua y la velocidad de escurrimiento (Altamirano, 2013), este permite calcular el caudal con un error no muy grande, para realizarlo se utilizó un cronómetro y un flotador visible, se eligió un tramo recto del río con una longitud de 7 metros evitando grandes turbulencias e irregularidades. Una vez establecida la distancia se midió la velocidad, poniendo el flotador al agua y cronometrando el tiempo que tarda en recorrer ese tramo, repitiendo este procedimiento por 5 ocasiones. Posteriormente se midió las profundidades en el tramo inicial, medio y final a lo largo y ancho establecido, para lo cual se utilizaron las formulas descritas a continuación:

$$Q= Av$$

Donde:

v= velocidad (m/s), obteniéndose a través de la fórmula, v= distancia/tiempo.

A= área (m<sup>2</sup>)

### 5.2.2. Análisis de muestras en el laboratorio

Los análisis de las muestras recolectadas, ICA-NSF y macroinvertebrados se desarrollaron en el laboratorio de la EP-EMAPAR y en el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Chimborazo respectivamente, los cuales se realizaron aplicando métodos estandarizados.

#### 5.2.2.1. Parámetros del ICA – NSF

Para el análisis de cada parámetro se utilizaron procedimientos establecidos en el STANDARD METHODS 21st Edition, 2005.

**Tabla 5.** Standard Methods para análisis de parámetros ICA NSF.

Parámetros	Standard Methods
Turbidez	2130 B
DBO5	5210 B. 5 – Day BOD Test
Fosfatos	4500-P A, C y E
Nitratos.	4500 - NO3 – B
Coliformes fecales	9222 B. Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure.

#### 5.2.2.2. Macroinvertebrados

El método utilizado se basó en el protocolo establecido en el manual de Fundación Natura – Programa GLOWS para el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos (Calles, 2007).

La identificación de macroinvertebrados a nivel de orden y familia se realizó inicialmente tomando como base la “Guía para el Estudio de Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia” (Roldán, 1996), “Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos” (Domínguez & Fernández, 2009) y “Macroinvertebrados Bentónicos de las Microcuencas Jubal, Ozogoché y Zula Parque Nacional Sangay – Ecuador” (Déley & Santillán, 2016).

### 5.3. Elaboración del Plan de Protección

Para la elaboración del Plan de protección se siguió la metodología establecida en la Guía para la Elaboración de Planes de Gestión de Áreas Protegidas (Administración de Parques Nacionales, 2010) y Wildlife Conservation Society (WCS, 2004).

Por lo que, con fechas 9 y 10 de mayo del 2017 se realizaron recorridos en la zona de estudio con la guía de los guarda parques Ing. Mario Maza e Ing. Isabel Tierra, que con su experiencia y conocimiento pudimos obtener información sobre la flora y fauna representativa, estado socio

económico, uso del suelo, atractivos naturales, estado de conservación de los ecosistemas e identificación de problemas ambientales. Finalmente, con fechas 22 y 23 de febrero del año 2018 se aplicó encuestas a pobladores del sector con la finalidad de validar la información antes mencionada.

Con dichas actividades se pudo realizar la matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) (Codina, 2011) e identificación de impactos ambientales evaluados en la Matriz de Leopold (Culqui, 2015), como base para el establecimiento del Plan de Protección.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Descripción del medio físico, biótico y socio - económico de la zona de influencia

De acuerdo con lo establecido dentro de la línea base (Tabla 6), datos recabados de los PDOT de Pungalá, Riobamba y observaciones de campo se tiene que:

**Tabla 6.** Medio físico, biótico y socioeconómico de la zona de influencia.

<b>MEDIO FÍSICO</b>	
Localización.	La microcuenca del río Alao se encuentra ubicada en la provincia Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Pungalá, a 40 Km de la ciudad de Riobamba con una altitud de 2680 a 4440 m.s.n.m. (PDOT de Pungalá, 2015).
Superficie y Límites.	La microcuenca del río Alao tiene una superficie de 186,20 km <sup>2</sup> , se encuentra en la parroquia Pungalá perteneciente al cantón Riobamba, sus límites son: <b>Norte:</b> con el cantón Chambo <b>Sur:</b> con el cantón Guamote <b>Este:</b> con el cantón Pablo Sexto <b>Oeste:</b> con la parroquia Licto
Clasificación Ecológica.	La parroquia Pungalá pertenece al Arbustal siempre verde y Herbazal del Páramo (MAE, 2012).
Pisos Ecológicos.	<b>Piso Bajo:</b> comprendido entre 2811 y 2860 m.s.n.m, se constituye por suelos superficiales, algo pedregosos, francos, con pendientes hasta 30. <b>Piso Medio:</b> se ubica entre 2860 y 2940 m.s.n.m. es el más productivo de la comunidad, con pendientes planas y ligeramente onduladas. <b>Piso Alto:</b> entre los 2940 y 3160 m.s.n.m. es el piso más frágil en él se pueden observar espacios de suelo en procesos de erosión y otros severamente erosionados en donde aflora la canchagua, con pendientes hasta del 60% (Borja, 2015).
Vías de Acceso.	El sistema vial de la parroquia está constituido por dos ejes principales: la carretera Pungalá-Alao y la carretera de Pungalapamba - Puruhay - Etén.
Topografía.	El territorio de la Parroquia Rural de Pungalá muestra un relieve montañoso, típico de la estribación de cordillera.
Uso de suelos.	La zona de influencia posee un 64,6% de páramo, un 7.8% de pastizales, un 10.1% de pasto/cultivo y un 1.3% es improductivo debido a sus pendientes pronunciadas. Algunas zonas se encuentran amenazadas, principalmente por la ganadería presente en el sector, considerando zonas de menor impacto a las partes altas de la cuenca y las quebradas (PDOT de Pungalá, 2015).
Amenazas o peligros.	Heladas, sequías, incendios y deslaves (PDOT de Pungalá, 2015).



Hidrología.	La parroquia Pungalá cuenta con una red hidrográfica proveniente de los ríos Daldal por el lado norte, por el lado sur Guarguallá y Cebadas, en la parte occidental el río Chambo y por la parte occidente el río Alao que atraviesa de oriente a occidente. Cabe indicar la importancia de los ríos Maguazo, Ishpi y Zanampala, por su utilización para riego (PDOT de Pungalá, 2015).
Temperatura.	En Pungalá el 90% de su extensión tiene el clima Ecuatorial Frío de Alta montaña y el 10% Ecuatorial Frío Semihúmedo. Comprenden temperaturas que oscilan entre los 6 y 18 °C, con una media de 12 °C, lo que permite la existencia de climas templados en las partes bajas y fríos en las zonas altas (Borja, 2015).
Precipitación.	Las precipitaciones anuales fluctúan desde 500 hasta 1000 mm de lluvia; los meses más secos son Julio y Agosto (Borja, 2015).
<b>MEDIO BIÓTICO</b>	
Flora	En la zona alta donde se origina el río Alao se pueden apreciar grandes zonas de páramo acompañados de bosques andinos de Polylepis. La zona presenta pendientes que fluctúan de 5 a 38° y una temperatura atmosférica del 80%. Se observan pequeños remanentes de bosque nativo como: Polylepis, Budlejas, Escalonias en áreas protegidas naturalmente (hondonadas), se constituyen remanentes de grandes bosques (Bautista, 2009).
Fauna	En la microcuenca se encuentran especies de mamíferos como: zorrillos, raposa común, venado cola blanca, conejo, conejo de monte, puma, lobo de páramo, danta, llama, alpaca, gorrión de montaña, buitre, etc. (Bautista, 2009).
<b>MEDIO SOCIOECONÓMICO</b>	
Población.	La parroquia Pungalá posee una población de 5954 habitantes. El total de la población se concentra en el sector rural con 5954 habitantes, de la misma manera las mujeres son las que predominan con 3117 habitantes y un 52.35%. Fuente: (INEC, 2010)
Idioma.	Predomina el Kichwa en las comunidades, seguido del castellano para la interrelación externa.
Migración.	La migración en Pungalá es de aproximadamente el 20% de los cuales el 90% son hombres y el 10% mujeres. En Pungalá existen dos tipos de movilidad, la estacional o dentro del país y la permanente o fuera del país, siendo la principal motivación la búsqueda de oportunidades de trabajo. Quito es la ciudad de mayor destino con un 38,59%, mientras que Tulcán es la ciudad de menor destino con un 0,06% de migrantes (PDOT de Pungalá, 2015).
Educación.	La parroquia Pungalá tiene 48 centros de educación. Los niveles que ofrece son: inicial, educación básica y bachillerato, además de alfabetización (PDOT de Riobamba, 2015). La tasa de asistencia desciende considerablemente, las tasas de asistencia en hombres resultan ser mayores a las tasas de asistencia en mujeres para todos los niveles de educación (PDOT de Pungalá, 2015).
Salud.	Un total de 4 centros de atención en salud se encuentran emplazados dentro del territorio parroquial (PDOT de Pungalá, 2015).
Agua.	El 100% de los asentamientos humanos cuentan con agua entubada sin tratamiento (PDOT de Pungalá, 2015). Del total de volumen de agua concesionado, alrededor del 20,84% se destinan a la producción agropecuaria; mientras que apenas el 16,62% se destina a satisfacer las necesidades de agua para el consumo humano y el uso doméstico.
Alcantarillado.	El 15,38% de los asentamientos humanos cuentan con el servicio de alcantarillado para la disposición final de las aguas residuales (PDOT de Pungalá, 2015).
Energía Eléctrica.	Se requiere ampliar el 11,54% de cobertura del servicio de energía eléctrica para alcanzar a dotar de este servicio a todos los asentamientos humanos (PDOT de Pungalá, 2015).
Recolección de basura.	La cobertura del servicio de recolección de basura se considera limitada, pues apenas el 7,69% de asentamientos humanos cuenta con este servicio (PDOT de Pungalá, 2015).
Transporte.	La condición de las vías hace que los buses no accedan al 34,62% de comunidades, siendo común que la gente se transporte en camionetas y en menor proporción en taxis. Los buses que trabajan en la parroquia son de la Cooperativa San Miguel de Pungalá (PDOT de Riobamba, 2015).
Telecomunicaciones.	El 59,74% de los hogares han accedido a los servicios de telecomunicaciones como efecto de la penetración de la telefonía móvil (PDOT de Pungalá).

## 6.2. Análisis de los parámetros morfométricos de la microcuenca del río Alao

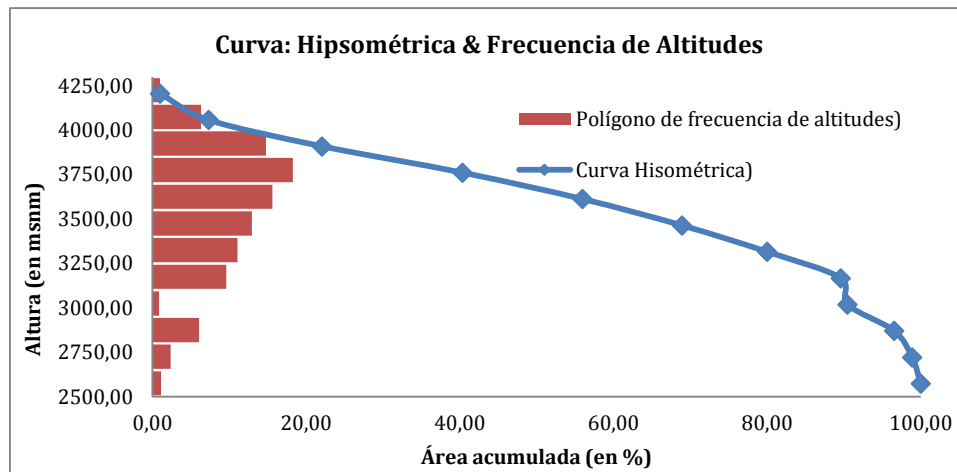
**Tabla 7.** Parámetros Morfométricos de la microcuenca del río Alao.

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
<b>De la superficie</b>		
Área	km <sup>2</sup>	186,19
Perímetro de la cuenca	km	70,09
<b>Cotas</b>		
Cota máxima	msnm	4540
Cota mínima	msnm	2760
<b>Centroide (WGS 1984 UTM Zone 17S)</b>		
X centroide	m	779401,65
Y centroide	m	9795738,86
Z centroide	msnm	3894,04
<b>Altitud</b>		
Altitud media	msnm	3894,04
Altitud más frecuente	msnm	3909,17
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	3567,17
<b>Pendiente</b>		
Pendiente promedio de la cuenca	%	41,45
<b>De la Red Hídrica</b>		
Longitud del curso principal	km	67,2
Orden de la Red Hídrica	UND	3
Longitud de la red hídrica	km	67,2
Pendiente Promedio de la Red Hídrica	%	22,76
<b>Parámetros Generados</b>		
Tiempo de concentración	horas	6,85
Pendiente del cauce principal	m/km	26,48

El área determinada para la microcuenca del río Alao es de 186,19 km<sup>2</sup>, clasificándola como subcuenca. El perímetro encontrado es de 70,09 km, además posee una pendiente media de 22,76 % por lo que se la clasifica como fuertemente accidentada.

La cota máxima es de 4540 y la mínima es de 2760 m.s.n.m. La elevación media de la microcuenca es de 3894,04 m.s.n.m, esto se obtuvo a partir de la interpolación de la altura relativa y el 50% del área acumulada.

## Curva hipsométrica



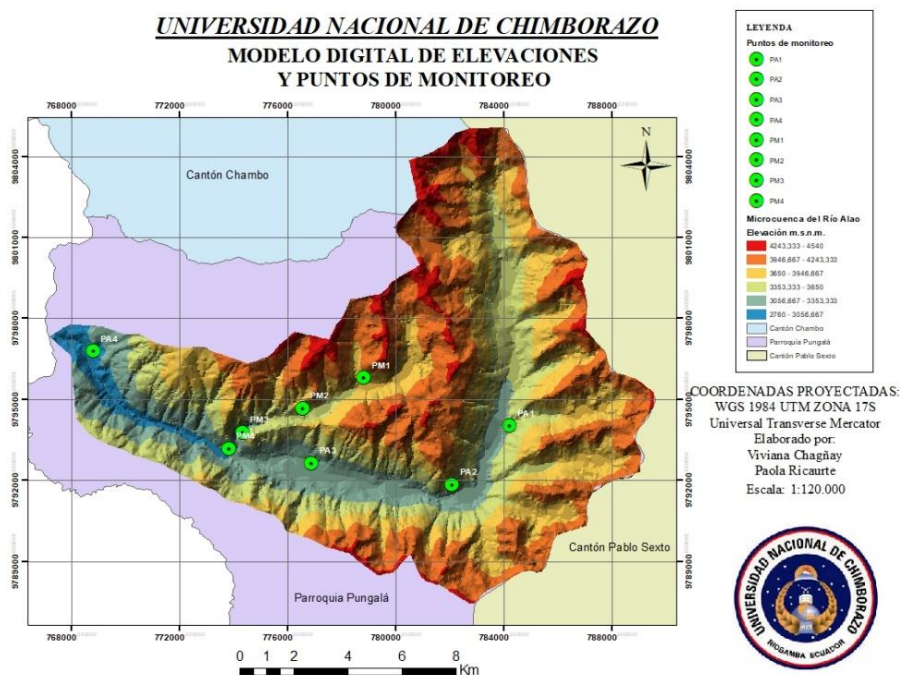
**Figura 1.** Curva Hipsométrica.

Una vez analizada la curva hipsométrica (Figura 1), se determina que la microcuenca se encuentra en etapa de desequilibrio (ecológicamente joven, cuenca de meseta).

### 6.3. Establecimiento de puntos de monitoreo






Una vez realizada la visita de campo y georreferenciada la zona de estudio se procedió a elegir diferentes puntos de monitoreo, cada uno con características diferentes y estratégicas.



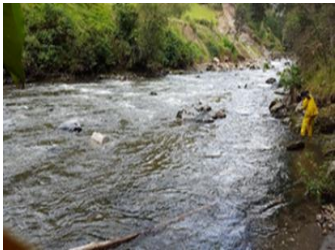
### Descripción de los puntos de muestreo



**Figura 2.** Mapa de los puntos de monitoreo en la microcuenca del río Alao

**Tabla 8.** Descripción de los puntos de muestreo de los ríos Maguazo y Bocatoma.

<b>M. Maguazo (Río Maguazo)</b>		
<b>Puntos</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Fotografía</b>
<p><b>PM1</b> Se tomó este punto debido a que se encuentra en la parte alta del sector Maguazo, considerándose como ecosistema páramo a una altura de 3808 m.s.n.m, además se observó que este sitio cuenta con la presencia de ganado bravo, sin encontrar incidencias directas de poblaciones y/o agricultura.</p>	<p>Latitud: 778835,12</p> <p>Longitud: 9795830,01</p>	
<p><b>PM2</b> Se tomó este punto ya que en el trayecto después del punto PM1 hasta llegar a este punto, se podía observar la presencia de cultivos y ganado domesticado, a una altura de 3668 m.s.n.m, donde aún no se observan poblaciones.</p>	<p>Latitud: 776551,09</p> <p>Longitud: 9794695,15</p>	
<p><b>PM3</b> Se tomó este punto ya que en el trayecto después del punto PM2 hasta llegar a este punto se pudo observar escasas viviendas, con poca presencia de cultivos y piscícolas, debido a que se encuentran en una quebrada con una pendiente muy pronunciada, este punto se encuentra en la captación del proyecto para el trasvase de agua potable, a una altura de 3270 m.s.n.m.</p>	<p>Latitud: 774340,18</p> <p>Longitud: 9793803,47</p>	
<p><b>PM4</b> Se tomó este punto ya que en el trayecto después del punto PM3 hasta llegar a este punto se pudo observar la presencia de viviendas, piscícolas y granjas de animales como cerdos, gallinas y ganado vacuno, los cuales producen descargas directas al río, además cabe destacar que en este lugar se observó por cierto tiempo minería extractiva de metales. Este punto se encuentra a pocos metros después de la unión de los ríos Alao y Maguazo a una altura de 3155 m.s.n.m.</p>	<p>Latitud: 773828,52</p> <p>Longitud: 9793210,58</p>	
<b>M. Bocatoma (Río Alao)</b>		
<b>Punto</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Fotografía</b>
<p><b>PA1</b> Se tomó este punto ya que se encuentra dentro del área de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, donde se observó la presencia de ganado bravo, este punto se encuentra dentro del ecosistema páramo a una altura de 3383 m.s.n.m, cabe recalcar que desde este punto el caudal es demasiado alto.</p>	<p>Latitud: 784231</p> <p>Longitud: 9794046,87</p>	

<p style="text-align: center;"><b>PA2</b></p> <p>Se tomó este punto ya que en el trayecto después del punto PA1 hasta llegar a este punto (entrada al Parque Nacional Sangay - MAE) con una altura de 3517 m.s.n.m, se observó poca presencia de ganado y cultivos de ciertos predios privados. Se pudo evidenciar descargas provenientes de algunas viviendas, además de la presencia de desechos sólidos.</p>	<p style="text-align: center;">Latitud: 782093,96</p> <p style="text-align: center;">Longitud: 9791865,99</p>	
<p style="text-align: center;"><b>PA3</b></p> <p>Se tomó este punto ya que en el trayecto después del punto PA2 hasta llegar al este punto se encuentra el poblado de Alao, donde se observó la presencia de cultivos, ganadería y granjas. También se observó que el sector era utilizado para lavar ropa y pesca. Este punto recoge todas las descargas del pueblo, se encuentra a una altura de 3170 m.s.n.m.</p>	<p style="text-align: center;">Latitud: 776890,48</p> <p style="text-align: center;">Longitud 9792659,74</p>	
<p style="text-align: center;"><b>PA4</b></p> <p>Se tomó este punto ya que en el trayecto desde el punto PA3 hasta llegar a este punto se encontró algunas viviendas y haciendas, con la presencia de poca ganadería y cultivos, después de esto recorre una gran quebrada, la cual se caracteriza por tener una gran pendiente y distancia, además de atravesar frecuentes derrumbes y deslizamientos de tierras en épocas lluviosas. Este punto se encuentra antes de llegar a la parroquia Pungalá y se encuentra a una altura de 2921 m.s.n.m.</p>	<p style="text-align: center;">Latitud 768813,59</p> <p style="text-align: center;">Longitud 9796815,89</p>	

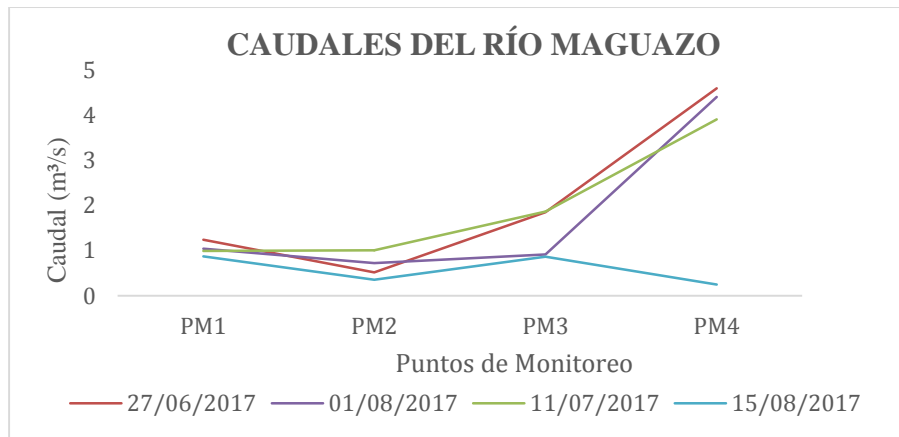
#### 6.4. Análisis de caudales de los ríos Alao y Maguazo

Después de realizar los monitoreos de caudal en los ríos Alao y Maguazo se obtuvieron los siguientes datos.

##### Río Maguazo

**Tabla 9.** Caudales del río Maguazo (m<sup>3</sup>/s)

MONITOREOS	PM1	PM2	PM3	PM4	FECHA
Monitoreo 1	1,25	0,52	1,86	4,61	27 de junio 2017
Monitoreo 2	1,001	1,014	1,87	3,92	11 de julio 2017
Monitoreo 3	1,05	0,73	0,92	4,42	1 de agosto 2017
Monitoreo 4	0,88	0,36	0,87	0,25	15 de agosto 2017
<b>Caudal Promedio</b>	1,045	0,656	1,38	3,3	1,595



**Figura 3.** Caudales del río Maguazo

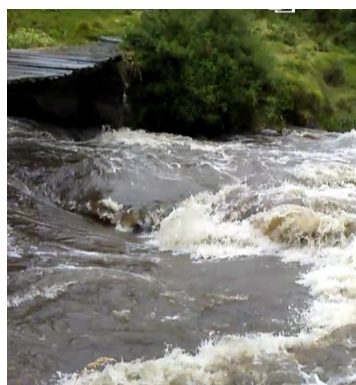
En la (Tabla 9) y (Figura 3) se muestra los caudales medios tomados en los puntos PM1, PM2, PM3 y PM4, durante cada monitoreo realizado en el río Maguazo durante los meses de junio, julio y agosto respectivamente.

El monitoreo de caudales del río Maguazo indican que en el punto PM4 se registran valores altos, mientras que en el punto PM2 se observan valores bajos, el caudal promedio en todos los puntos es de  $1,595 \text{ m}^3/\text{s}$ , notándose que existen caudales con un comportamiento poco variado en los puntos PM1, PM2 y PM3, a excepción del punto PM4, este comportamiento se debe al incremento del área por la unión del río Maguazo con el río Alao.

En el cuarto monitoreo, se pueden apreciar que existen caudales bajos, con respecto a los otros puntos de monitoreo, considerando que la incidencia de las precipitaciones fue menor durante los días anteriores, es así que, el caudal mínimo del monitoreo se ubica el 15 de agosto con un valor de  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## **Río Alao**

### **Caudales otorgados por la EERSA**



**Figura 4.** Río Alao caudaloso

En todos los puntos de monitoreo del río Alao se procuró garantizar nuestra seguridad, debido a las constantes y fuertes precipitaciones de la zona que generaron un riesgoso incremento del caudal (Figura 4), por lo que se solicitó a la Empresa Eléctrica Riobamba (EERSA) los registros de caudales del río Alao obtenidos de la central hidroeléctrica.

**Tabla 10.** Caudales del río Alao (EERSA, 2017).

Caudales durante el periodo Junio - Agosto 2017		
Meses	Nivel (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
Junio	3,31	4,64
Julio	4,17	5,83
Agosto	2,51	3,525
Caudal Promedio		4,665

En la (Tabla 10) se muestra los caudales existentes en los meses de junio, julio y agosto del 2017; en el mes de Julio el caudal fue más alto con 5,83 m<sup>3</sup>/s, debido a que en este mes la precipitación fue mayor y esto fue determinante para el comportamiento del caudal, lo cual fue evidenciado durante las visitas y toma de muestras.





### 6.5. Análisis de la calidad del agua de los ríos Alao y Maguazo

Después de realizar los análisis de laboratorio de las muestras tomadas en los ríos Alao y Maguazo se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 6.5.1. Resultados de Índice biológico ETP (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecóptera)

**Tabla 11.** Resultados del índice biológico ETP de los ríos Alao y Maguazo.

Río Maguazo				
Puntos	PM1	PM2	PM3	PM4
Total	19,83	23,51	14,47	19,2
Río Alao				
Puntos	PA1	PA2	PA3	PA4
Total	9,23	10,95	35,6	40,26

	75-100%	Muy buena		50-74%	Buena		25-49%	Regular		0-24%	mala
---	---------	-----------	---	--------	-------	---	--------	---------	---	-------	------





Los resultados del Índice ETP presentados en la (Tabla 11) demuestra que en todos los puntos de monitoreo del río Maguazo la calidad del agua es **MALA**, esto se debe a las condiciones climáticas y altos caudales, que no permiten el crecimiento y la recolección de macroinvertebrados, por lo que no se pudo obtener individuos en abundancia.

Los resultados del río Alao indican que en los puntos PA1 y PA2 la calidad de agua es **MALA**, de igual manera el resultado se vio afectado por las fuertes precipitaciones y a su vez el incremento del caudal del río lo que dificultó la toma de muestras; por ende, su abundancia, los resultados en los puntos PA3 y PA4 indican que la calidad del agua es **REGULAR** esto lo relacionamos con la cantidad de plantas y arbustos presentes, donde se pudo encontrar mayor cantidad de macroinvertebrados.

### 6.5.2. Resultados del Índice Biológico Andino (ABI)

**Tabla 12.** Resultados del Índice Biológico Andino (ABI) de los ríos Alao y Maguazo

Río Maguazo				
Puntos	PM1	PM2	PM3	PM4
Total	43	42	26	27
Río Alao				
Puntos	PA1	PA2	PA3	PA4
Total	14.66	16.33	23.66	18.66

 > 74 Muy buena	 45-74 Buena	 27-44 Regular	 < 27 mala
--	---	---	---

Los resultados del Índice Biológico Andino (ABI) presentados en la (Tabla 12) indican que la calidad de agua en el río Maguazo es **REGULAR** en los puntos PM1, PM2 y PM4 ya que la contaminación no es significativa. Sin embargo, en el punto PM3 la calidad de agua es **MALA** debido a que en ese sector se encuentran granjas de cerdos, piscícolas y viviendas que realizan descargas.

Los resultados del índice Biológico Andino (ABI) nos indican que la calidad de agua en el río Alao es **MALA** en todos los puntos de monitoreo; pues los altos caudales evidenciados dificultaban la toma de muestras, ya que la corriente arrastraba incluso la vegetación que se






encontraba a las riberas del río y pese a estar los primeros puntos dentro del área protegida se consiguieron escasos ejemplares.

### 6.5.3. Interpretación del Índice Biológico Andino (ABI) e Índice (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera) ETP

Debido a las precipitaciones fuertes que arrastraban a la mayoría de macroinvertebrados durante los monitoreos, no es objetivo considerar los resultados en base a la abundancia de individuos como lo establece el Índice ABI y ETP. Por lo que, es relevante indicar que se pudo encontrar 19 especies, de las cuales 3 de ellas según el Índice ABI son indicadores de buena calidad de agua por ser poco resistentes a ambientes contaminados, así tenemos: Hydrobiosidae (ABI:8), Leptoceridae (ABI:8), Limnephilidae (ABI:7), pertenecientes al orden Trichoptera, mismas que fueron encontradas principalmente en los puntos PM1, PM2, PA1 y PA2 (Tabla 13), también se encontró ejemplares pertenecientes al orden Ephemeroptera y Plecóptera que por lo general están presentes en aguas limpias y oxigenadas (Anexo 3).

**Tabla 13.** Macroinvertebrados representativos

<p><b>Trichoptera</b></p> <p>La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas debajo de piedras, troncos y material vegetal, algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. En general, son buenos indicadores de aguas oligotróficas.</p>	<p><b>Leptoceridae</b></p>  <p>Se encuentran en ecosistemas tanto lóticos como lénticos.</p>	<p><b>Limnephilidae</b></p>  <p>Se encuentran en ecosistemas tanto lóticos como lénticos.</p>	<p><b>Hydrobiosidae</b></p> 
--	---	--	---






Cabe recalcar que en el punto PA3 se observó la actividad constante de pesca, misma que demuestra la presencia de bioindicadores siendo en este caso las Truchas que se caracterizan por vivir en aguas limpias y frías, los que se nutren de macroinvertebrados para su subsistencia

### 6.5.4. Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA -NSF)

Para obtener los resultados del índice de calidad de agua (ICA NSF) de la (Tabla 14) se toma en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Anexo 5).

**Tabla 14.** Resultado de calidad de agua según los Parámetros ICA – NSF de los ríos Alao y Maguazo.

Río Maguazo				
Punto	PM1	PM2	PM3	PM4
ICA	71,805	76,45	79,07	76,26
Río Alao				
Punto	PA1	PA2	PA3	PA4
ICA	73,37	73,38	72,75	78,28

 91-100 Excelente	 71-90 Buena	 51-70 Regular	 26-50 Mala	 0-25 Pésima
--	---	---	---	---

Los resultados presentados en la (Tabla 14) indican que la calidad de agua en todos los puntos de monitoreo del río Maguazo y Alao es **BUENA** con un rango que va de 71-90.

**Tabla 15.** Usos de agua según el valor numérico del ICA (Vizcaíno, 2009)

<p><b><u>Uso como agua potable:</u></b> 70-80: Dudoso su consumo sin purificación</p>
<p><b><u>Uso en agricultura</u></b> 70-90: Purificación menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua.</p>
<p><b><u>Uso en pesca y vida acuática</u></b> 70-100: Pesca y vida acuática abundante.</p>
<p><b><u>Uso Industrial:</u></b> 70-90: Purificación menor para industrias que requieren alta calidad de agua para operación</p>
<p><b><u>Uso recreativo.</u></b> 70-100: Cualquier tipo de deporte acuático.</p>

El recurso hídrico de los ríos Alao y Maguazo puede ser utilizado en función a los resultados del ICA – NSF, que para este caso se encuentran en un rango de 71-90; los mismos se detallan en la (Tabla 15).

#### 6.5.5. Comparación de resultados del Índice de Calidad de Agua ICA - NFS e Índices biológicos ETP y ABI

En base a los resultados finales de los parámetros ICA de los ríos Alao y Maguazo la calidad de agua en todos sus puntos es **BUENA**, en cambio según la interpretación final de los Índices ETP Y ABI en los mismos puntos y tras realizar un análisis del ecosistema de cada

ejemplar encontrado se puede determinar que la calidad de agua es **BUENA**, ya que estos se encuentran únicamente en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, como se puede observar en la (Tabla 13), lo que nos permite ratificar los resultados de los parámetros ICA.

#### 6.5.6. Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con la Legislación Ambiental vigente

En las (Tablas 16 y 17) se presenta los resultados obtenidos del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los puntos de muestreo en los ríos Alao y Maguazo comparados con la tabla 1 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico) del Libro VI del Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA).

#### Río Maguazo

**Tabla 16.** Comparación de parámetros del río Maguazo con el TULSMA.

PARÁMETRO	UNIDAD	PM1	PM2	PM3	PM4	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
<b>DBO5</b>	mg/l	3,045	8,45625	4,75	9,92	<2
<b>OD</b>	% de saturación	101,8	107,425	104,825	104,1	NA
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	1470	1650	9547,5	50505	1000
<b>Nitratos</b>	mg/l	0,675	0,65	0,075	0,7	50
<b>pH</b>	Unidades	7,8225	8,115	8,1975	8,07	6-9
<b>Cambio de temperatura</b>	°C	0,966975	0,65375	1,24125	1,70925	NA
<b>Sólidos totales</b>	mg/l	78,85	89,725	89,625	92,075	NA
<b>Fosfatos</b>	mg/l	0,1625	0,225	0,275	0,205	NA
<b>Turbidez</b>	NTU	0,5025	0,87	22,3025	37,9275	100

Relacionando los resultados con la tabla 1 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico) del libro VI del anexo 1 del TULSMA, los parámetros Nitratos, pH y turbidez en todos los puntos de muestreo del río Maguazo se encuentran dentro de los límites permisibles, mientras que los parámetros DBO5 y coliformes fecales superan dichos límites.

Se debe considerar que los parámetros temperatura, sólidos totales y fosfatos no están contemplados en esta tabla.

## Río Alao

**Tabla 17.** Comparación de parámetros del río Alao con el TULSMA.

PARÁMETRO	UNIDAD	PA1	PA2	PA3	PA4	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
DBO5	mg/l	6,0425	1,21	0,95625	8,4125	<2
OD	% de saturación	103,325	104,75	104	102,525	NA
Coliformes fecales	NMP	2932,5	4960	11810	76440	1000
Nitratos	mg/l	0,65	1,225	1,425	0,425	50
pH	Unidades	7,52	7,425	7,3125	7,365	6-9
Cambio de temperatura	°C	0,198475	0,6795	1,262075	0,693525	NA
Sólidos totales	mg/l	52,925	24,9125	24,1675	36,93	NA
Fosfatos	mg/l	0,315	0,2475	0,2575	0,255	NA
Turbidez	NTU	2,7725	37,33	64,3675	91,43	100

Relacionando los resultados con la tabla 1 (Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico) del libro VI del anexo 1 del TULSMA, los parámetros Nitratos, pH y turbidez en todos los puntos de muestreo del río Alao se encuentran dentro de los límites permisibles, al igual que el DBO5 en los puntos PA2 y PA3, mientras que el mismo parámetro en los puntos PA1 y PA4 supera estos límites, del mismo modo los coliformes fecales superan los límites en todos los puntos de muestreo.

Se debe que considerar que los parámetros temperatura, sólidos totales y fosfatos no están contemplados en esta tabla.

### 6.6. Elaboración de la matriz FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenaza de la microcuenca del río Alao

La matriz FODA ha sido elaborada mediante la aplicación de observaciones de campo, encuestas e información secundaria, la cual nos ha permitido conocer la realidad actual de la zona de influencia directa de la microcuenca, así como el estado de conservación de sus

recursos naturales demostrando la viabilidad para la implementación del Plan de protección, los resultados obtenidos dentro de este análisis se presentan en la (Tabla 18).

**Tabla 18.** Matriz FODA de la microcuenca del río Alao.

<p style="text-align: center;"><b>FORTALEZAS:</b></p> <p>Existen diversos ecosistemas naturales como páramo y bosques con un mínimo de alteración.          Posee un acceso directo a la región oriental.          Se encuentran atractivos naturales y culturales potencialmente turísticos.          Existe apertura de la población a capacitarse para fortalecer su organización e implementar proyectos ecos turísticos.          La microcuenca abastece agua para la generación de energía eléctrica y otros proyectos.          Poseen servicios básicos.          Poseen vías de acceso de segundo y tercer orden.</p>	<p style="text-align: center;"><b>DEBILIDADES</b></p> <p>Débil organización comunitaria          Suelos pobres con un alto grado de erosión.          Pendiente promedio de 41.45%.          Falta de canales de comercialización.          Minifundio.          Incremento poblacional.          Poco conocimiento sobre manejo de los recursos naturales, cultivos, praderas y animales.          Migración.</p>
<p style="text-align: center;"><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p>Presencia institucional como: GAD Provincial de Chimborazo, GAD Parroquial de Pungalá, GADM de Riobamba, EERSA, Ministerio del Ambiente, EP-EMAPAR, quienes podrían coordinar y ejecutar el plan de protección con la participación directa de las comunidades.          Políticas gubernamentales orientadas al desarrollo socioeconómico, eco turístico y desarrollo sustentable de los recursos naturales.          Posibilidades de apoyo a nivel nacional por ser zona de amortiguamiento de un sitio de Patrimonio Mundial Natural.          La microcuenca pertenece a la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay.          Realización de actividades de Educación Ambiental con instituciones educativas y población comunitaria para mejorar la calidad de vida de los mismos, así como impulsar la conservación de los ecosistemas del área protegida.</p>	<p style="text-align: center;"><b>AMENAZAS</b></p> <p>Poco interés político sobre el manejo sostenible de la microcuenca.          Falta de aplicación de políticas y normas ambientales que permitan la conservación y restauración de los recursos naturales.          Minería          Presencia de cazadores furtivos.          Derrumbes en la vía principal.          Presencia de ganado bovino y ovino en ecosistemas frágiles dentro del Parque Nacional Sangay.</p>

### **6.7. Identificación de Impactos Ambientales mediante la matriz de Leopold**

Para la evaluación de impactos se estableció las interacciones que existen entre las actividades antrópicas y los componentes ambientales. La evaluación de impactos se detalla a continuación con las siguientes matrices.

**Tabla 19.** Matriz de Identificación de Impactos Ambientales.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES				ACTIVIDADES ENCONTRADAS EN LA MICROCUENCA											Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)	NUMERO DE IMPACTOS POR COMPONENTE AMBIENTAL			
				Ampliacion de la frontera agricola	Actividades de extraccion minera	Piscicultura	Expansion de la Ganaderia	Monocultivos	Descarga de efluentes	Deforestacion	Quema de bosque nativo y pajonales	Uso irracional de los recursos hidricos	Construccion de obras civiles	Riesgos naturales			Caza furtiva		
C O M P O N E N T E S  A M B I E N T A L E S	MEDIO FÍSICO	Geomorfología	Erosión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8		
			Modificación Paisajística	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
	MEDIO FÍSICO	Suelo	Permeabilidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
			Cambio de uso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	
	MEDIO FÍSICO	Agua	Alteración de la calidad del agua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
			Disminución del recurso hídrico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
	MEDIO BIÓTICO	Flora	Perdida de la cobertura vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	
			Pérdida de biodiversidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
			Fragmentación del hábitat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
	MEDIO BIÓTICO	Fauna	Afectación de especies focales (endémicas, restringidas a un hábitat, en peligro de extincion)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
		MEDIO SOCIOECONÓMICO	Condiciones de vida	Pobreza															1
				Salud															4
	MEDIO SOCIOECONÓMICO	Economico y productivo	Acceso a servicios basicos															1	
			Empleo	+	+	+	+												
			Turismo			+													
<b>TOTAL</b>																<b>75</b>			

Tabla 20. Matriz de Magnitud de Impactos Ambientales.

MATRIZ DE MAGNITUD DE IMPACTOS AMBIENTALES				ACTIVIDADES ENCONTRADAS EN LA MICROCUCENA												
				Ampliacion de la frontera agricola	Actividades de extraccion minera	Piscicultura	Expansion de la Ganaderia	Monocultivos	Descarga de efluentes	Deforestacion	Quema de bosque nativo y pajonales	Uso irracional de los recursos hidricos	Construccion de obras civiles	Riesgos naturales	Caza furtiva	Generacion de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)
C O M P O N E N T E S  A M B I E N T A L E S	Medio	Componente	Impacto													
	MEDIO FÍSICO	Geomorfología	Erosión	1,80	1,80		2,60	2,00		2,00	2,00		2,20	1,40		8
			Modificación Paisajística	2,20	2,20	1,80	2,20			2,20	2,00		2,20	2,00		8
		Suelo	Permeabilidad	2,60			1,40	1,00		1,00	2,40					5
			Cambio de uso	2,60	2,20	1,40	1,20			2,60			2,20			6
		Recurso hídrico	Alteración de la calidad del agua	2,00	1,60	1,00	2,20		2,60				2,40	2,00	2,20	8
			Disminución del recurso hídrico		1,00					2,00	1,60	1,20	1,80			5
	MEDIO BIÓTICO	Flora	Pérdida de la cobertura vegetal	2,00	1,60	1,20	1,80	1,00		2,00	2,00		2,20	2,20		9
			Pérdida de biodiversidad	2,00	2,00					2,00	2,20					4
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad)		2,00					2,20			1,80		1,40	4
			Fragmentación del hábitat	1,20	2,00	1,20		1,00		2,20	2,20		2,20	2,20		8
			Afectación de especies focales (endémicas, restringidas a un hábitat, en peligro de extincion)						1,40	2,20	2,20				1,80	4
		MEDIO SOCIOECONÓMICO	Condiciones de vida	Pobreza										1,80		
	Salud								1,80				1,00	1,40	1,80	4
	Acceso a servicios basicos												+	1,80		1
	Economico y productivo		Empleo	+	+	+	+						+			
Turismo					+											

Tabla 21. Matriz de Importancia de Impactos Ambientales.

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS AMBIENTALES				ACTIVIDADES ENCONTRADAS EN LA MICROCUENCA													
				Ampliacion de la frontera agricola	Actividades de extraccion mi nera	Piscicultura	Expansion de la Ganaderia	Monocultivos	Descarga de efluentes	Deforestacion	Quema de bosque nativo y pajonales	Uso irracional de los recursos hidricos	Construccion de obras civiles	Riesgos naturales	Caza furtiva	Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)	NUMERO DE IMPACTOS POR COMPONENTE AMBIENTAL
C O M P O N E N T E S  A M B I E N T A L E S	MEDIO FÍSICO	Geomorfología	Erosión	1,25	1,85		1,65	1,35		1,85	1,85		1,85	1,60		8	
			Modificación Paisajística	1,75	2,20	1,80	1,40		1,85	1,85		2,20	2,20				8
	Suelo	Permeabilidad	1,40			1,00	1,35		1,60	2,00						5	
		Cambio de uso	1,40	2,20	1,40	1,00			1,65			1,85				6	
	Agua	Alteración de la calidad del agua	1,40	1,25	1,00	1,40		1,25				1,65	1,65		1,65	8	
		Disminución del recurso hídrico		1,00					2,00	1,60	1,00	1,65				5	
	MEDIO BIÓTICO	Flora	Perdida de la cobertura vegetal	1,25	2,20	1,20	1,25	1,00		1,60	1,85		2,20	1,85			9
			Pérdida de biodiversidad	1,25	1,85					1,85	1,85						4
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad)		1,60					1,85			1,60		2,20		4
			Fragmentación del hábitat	1,00	2,20	1,20		1,00		2,20	2,20		2,20	2,20			8
	MEDIO SOCIOECONÓMICO	Condiciones de vida	Pobreza										1,65			1	
			Salud						1,65				1,00	1,65		1,65	4
			Acceso a servicios basicos										+	1,65			1
		Economico y productivo	Empleo	+	+	+	+						+				
			Turismo			+											



Tabla 22. Matriz de Severidad de Impactos Ambientales.

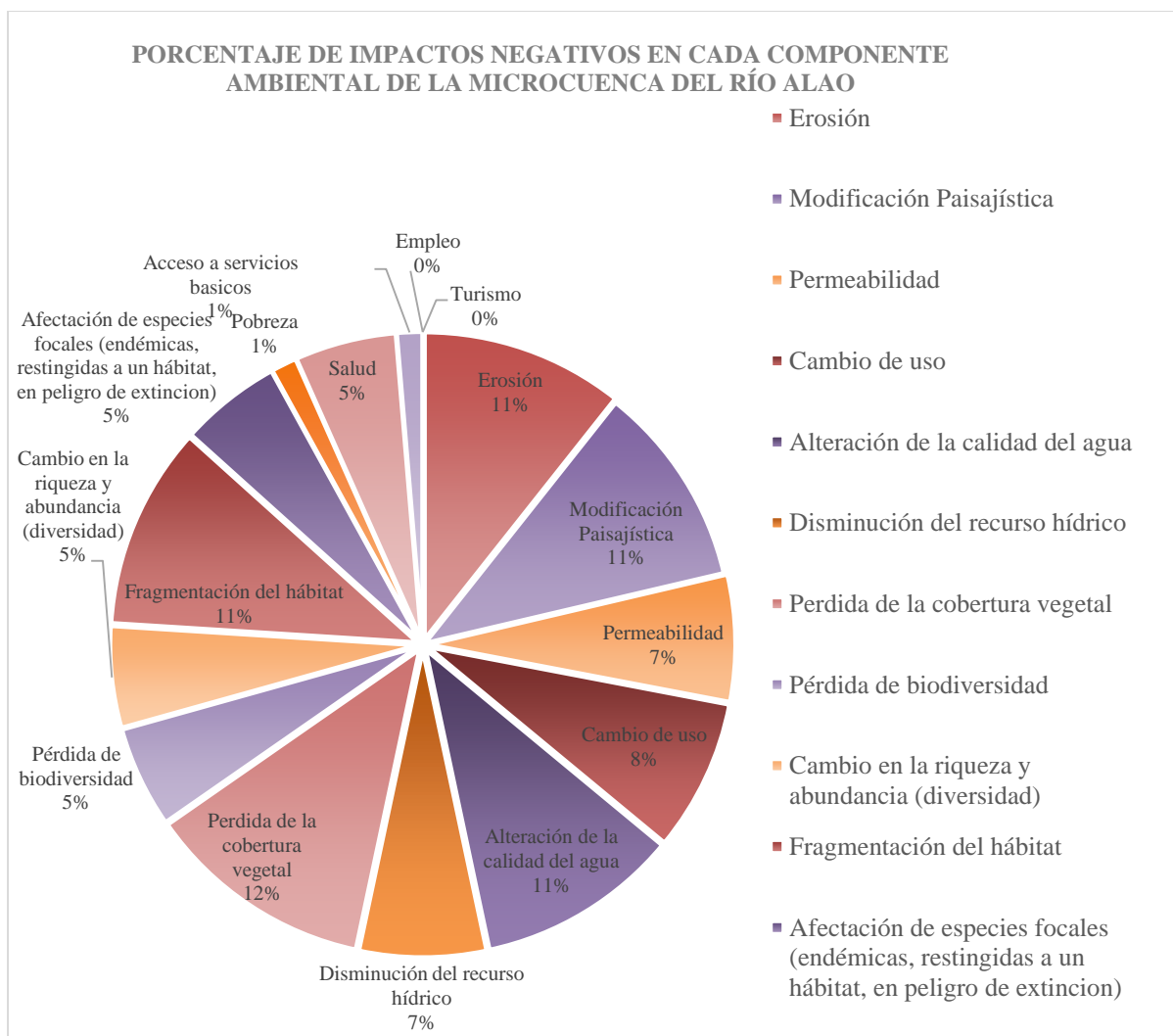
MATRIZ DE SEVERIDAD DE IMPACTOS AMBIENTALES				ACTIVIDADES ENCONTRADAS EN LA MICROCUENCA											Generación de residuos sólidos (domésticos, industriales, especiales)	NUMERO DE IMPACTOS POR COMPONENTE AMBIENTAL
				Ampliación de la frontera agrícola	Actividades de extracción minera	Piscicultura	Expansión de la Ganadería	Monocultivos	Descarga de efluentes	Deforestación	Quema de bosque nativo y pajonales	Uso irracional de los recursos hídricos	Construcción de obras civiles	Riesgos naturales		
COMPONENTES AMBIENTALES	MEDIO FÍSICO	Geomorfología	Erosión	2,25	3,33		4,29	2,70		3,70	3,70		4,07	2,24		8
			Modificación Paisajística	3,85	4,84	3,24	3,08		4,07	3,70		4,84	4,40			8
	Suelo	Permeabilidad	3,64			1,40	1,35		1,60	4,80					5	
		Cambio de uso	3,64	4,84	1,96	1,20			4,29			4,07			6	
	Agua	Alteración de la calidad del agua	2,80	2,00	1,00	3,08		3,25				3,96	3,30	3,63	8	
		Disminución del recurso hídrico		1,00					4,00	2,56	1,20	2,97			5	
	MEDIO BIÓTICO	Flora	Perdida de la cobertura vegetal	2,50	3,52	1,44	2,25	1,00		3,20	3,70		4,84	4,07		9
			Pérdida de biodiversidad	2,50	3,70					3,70	4,07					4
		Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad)		3,20					4,07			2,88		3,08	4
			Fragmentación del hábitat	1,20	4,40	1,44		1,00		4,84	4,84		4,84	4,840		8
	MEDIO SOCIOECONÓMICO	Condiciones de vida	Pobreza										2,97			1
			Salud						2,97				1,00	2,31	2,97	4
			Acceso a servicios básicos										+	2,97		1
		Economico y productivo	Empleo	+	+	+	+						+			
			Turismo			+										
	75															

**Tabla 23.** Resumen de evaluación de impactos según su severidad.

Evaluación de impactos			Impactos Significativos		Impactos no Significativos	
			Impacto	Crítico	Impacto	Medio
		Alto		Bajo		
MEDIO FISICO	Geomorfología	Erosión	4	4		
		Modificación paisajística	6	2		
	Suelo	Permeabilidad	1	4		
		Cambio de uso	3	3		
	Agua	Alteración de la calidad del agua	2	6		
		Disminución del recurso hídrico	1	4		
MEDIO BIOTICO	Flora	Pérdida de la cobertura vegetal	3	6		
		Pérdida de biodiversidad	3	1		
	Fauna	Cambio en la riqueza y abundancia (diversidad)	1	3		
		Fragmentación del hábitat	5	3		
		Afectación de especies focales(endémicas, restringidas a un hábitat, en peligro de extinción)	2	2		
MEDIO SOCIO ECONOMICO	Condiciones de Vida	Pobreza	0	1		
		Salud	0	4		
		Acceso a servicios básicos	0	1		
	Económico y Productivo	Empleo	0	0		
		Turismo	0	0		
<b>TOTAL</b>			<b>31</b>	<b>44</b>		

En la (Tabla 23) se presenta el resumen de la evaluación de impactos según su severidad, donde se valoró si cada impacto es alto, crítico, medio o bajo; para posteriormente calificar un impacto como significativo (alto y crítico) o no significativo (medio y bajo).

Del análisis se obtiene que el 41,33 % (31 impactos) son significativos, mientras que el 58,67 % restante (44 impactos) son no significativos, dentro de la zona de estudio.



**Figura 5.** Porcentaje de impactos negativos de los componentes ambientales.

La evaluación de impactos representada en la (Figura 5) determina que los elementos mayormente afectados son la flora, la fauna, los recursos suelo y agua, mientras que los menos afectados son la pobreza y el acceso a servicios básicos.

### **6.8. Formulación del plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma**

A partir de la elaboración de la matriz FODA y evaluación de impactos ambientales con la matriz de Leopold, se han identificado zonas de especial interés para la conservación ambiental, con el objeto de mantener la función de captación de agua de las zonas de páramo y de prevención de la contaminación por contaminantes antropogénicos.

Las zonas de especial interés para la protección de la microcuenca del río Alao, han sido clasificadas en 4 ítems de acuerdo a su actividad, siendo estas las siguientes:

- Zona 1: Zona de páramo.
- Zona 2: Zona de poblados.
- Zona 3: Zona alrededor de la captación de agua que será utilizada como agua potable para la ciudad de Riobamba.
- Zona 4: Zona de quebradas

Las cuales ya se encuentran establecidas y detalladas dentro del plan de protección (Anexo 1).

## **7. DISCUSIÓN**

Una vez realizado la investigación de la unidad hidrográfica del río Alao, se obtuvo datos importantes para el planteamiento del Plan de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma.

La línea base muestra información de los medios físico, biótico y socioeconómico del sector; en donde la población alcanza los 5954 habitantes, representada por 52.35% mujeres y 47,65 % hombres. Aquí se puede evidenciar la presencia de falta de servicios básicos, vialidad y desarrollo de valores que encaminen a reducir el deterioro ambiental sin afectar el desarrollo de sus habitantes.

En la parte alta de la microcuenca se encuentra la estación meteorológica Alao (INAMHI: M396), ubicada en las coordenadas UTM 779993 y 9791630 a una altitud de 3200 m.s.n.m.; durante el año 2014, registró una temperatura media de 8 °C, con rangos de 4 - 12 °C y una precipitación de 750 mm, con rangos de (500 - 2000) mm. Según los datos climáticos, arrojados por la estación meteorológica indica que, la unidad hidrográfica registra una temperatura media de 12 °C, con rangos de 6 y 18 °C y una precipitación de 500 hasta 1000 mm, lo que permite la existencia de climas templados en las partes bajas y fríos en las zonas altas. De ahí que en la zona el principal uso del suelo es el páramo (64,6 %), acompañado de otros usos en su mayoría dedicados a la producción agrícola, pecuaria y piscícola.

El medio biótico del sector posee una gran diversidad de flora y fauna, propias del ecosistema páramo, en especial el área que está dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, que a su vez forma parte del Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE); en tanto que en la zona poblada debido a la actividad antrópica se evidencian especies introducida.

El análisis morfométrico determinó que la unidad hidrográfica del río Alao es de orden 3, posee un área de 186,19 Km<sup>2</sup>, lo que le da la característica de una Subcuenca. La pendiente media es de 22,76 %, lo que da una categorización de fuertemente accidentada, favoreciendo a la formación de caudales altos (3,3 m<sup>3</sup>/s) en punto PM4 del río Maguazo y bajo en el PM2 (0,656 m<sup>3</sup>/s), con un promedio de 1,595 m<sup>3</sup>/s, notándose que existen caudales con un comportamiento poco variado en los puntos PM1, PM2 y PM3, a excepción del punto PM4, debido al incremento del área por la unión del río Maguazo con el río Alao. También es importante mencionar que en el río Alao en el mes de Julio se presentó uno de los caudales más altos (5,83 m<sup>3</sup>/s), debido a que en este mes la precipitación fue mayor.

Los resultados del ICA – NSF que se encuentran dentro del rango 71-90 indican que las microcuencas tienen una calidad de agua BUENA, mientras que los índices biológicos ETP y ABI a pesar de que se determinó un agua de MALA calidad, se encontraron muestras representativas de macroinvertebrados tales como: Leptoceridae, Limnephilidae, Hydrobiosidae, pertenecientes al orden Trichoptera, que de acuerdo a su ecología solo pueden estar presentes en lugares sin contaminación donde existan aguas oxigenadas y limpias. En base a lo anterior y de acuerdo al ICA se determina que el agua en estas microcuencas es apta para cualquier uso previo tratamiento.

La evaluación de impactos ambientales en la matriz de Leopold determina que los elementos mayormente afectados son la flora por la pérdida de cobertura vegetal con un 12%, seguido por el suelo con una afectación por erosión y modificación paisajística, el agua con la alteración de su calidad y la fauna por la fragmentación del hábitat con un 11%, cada una; mientras que la menor afectación es el suelo a través de la permeabilidad (7%), el cambio de uso (8%), el agua con la disminución del recurso hídrico con un 7%, la salud, la flora y fauna con la pérdida de biodiversidad, afectación a especies focales, cambio en la riqueza y abundancia con 5% respectivamente, finalmente la pobreza con 1%. Los componentes que no presentaron impactos negativos son los socioeconómicos en cuanto al acceso a servicios básicos, empleo y turismo.

Con la información obtenida anteriormente se determina que la fuente de mayor contaminación en la zona alta de los ríos Alao y Maguazo es la actividad ganadera, producto del uso desmedido para consumo de los animales como bebederos naturales y la implementación de pastizales en las riberas de los ríos. En la zona media la contaminación se da más por las actividades agrícolas, ganaderas y de piscicultura, por otro lado, en la zona bajo la contaminación es mínima debido a que es una zona de quebrada.

Mediante los resultados de los índices de calidad de agua ICA – NSF, biológicos ETP y ABI de las microcuencas Maguazo y Bocatoma, línea base del área de influencia, parámetros morfométricos, matriz FODA y matriz de Leopold, se han establecido cuatro zonas de especial interés para la elaboración del Plan de Protección: zona de páramo, poblados, zonas de quebrada y zona alrededor de la captación de agua, que será utilizada para consumo humano de la ciudad de Riobamba.

El plan de protección formulado pretende cumplir cuatro objetivos entre los cuales se encuentran: recuperar en un 50% la extensión de remanentes de vegetación natural en la zona de protección (Zona 1 y Zona 2); reducir en un 50% la ubicación de ganado en la zona 1, 2 y 3, expandir en un 30% la cobertura de vegetación natural, especialmente en las quebradas y en la zona de protección en los páramos e incrementar la eficiencia del uso del agua en la ciudad de Riobamba. Dentro de esta propuesta se toma en cuenta el marco legal, los factores físicos, humanos, socio-ambientales y actividades productivas que se encuentren en el área de influencia para que en lo posterior dicho plan sea ejecutado por la EP-EMAPAR dentro del trasvase de agua superficial Alao - Maguazo y construcción de la reserva San Martín de Veranillo.

## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1. Conclusiones**

Según los requerimientos técnicos del lugar se identificaron cuatro puntos de muestreo en cada río, considerando la ubicación, topografía, accesibilidad y la presencia de actividades antrópicas.

Del análisis morfométrico de la zona de estudio se determinó que la unidad hidrográfica del río Alao posee un área de 186,19 km<sup>2</sup>, clasificándola como Subcuenca, un perímetro de 70,09 km, una cota máxima de 4540 y mínima de 2760 m.s.n.m., con una elevación media de 3894,04 m.s.n.m., y una pendiente media de 22,76 %, lo que da una categorización de fuertemente accidentada.

Los caudales máximos del río Maguazo se presentan en el punto PM4 (3,3 m<sup>3</sup>/s), y el valor más bajo se presenta en el punto PM2 (0,68 m<sup>3</sup>/s), con un caudal promedio de la zona de influencia de 1,595 m<sup>3</sup>/s, este comportamiento en el caudal se debe al incremento del área por la unión del río Maguazo con el río Alao.

La interpretación de parámetros físico químicos y microbiológicos en el río Alao tales como: Nitratos, pH y turbidez, se encuentran dentro de los límites permisibles en todos los puntos de monitoreo, al igual que el DBO5 en los puntos PA2 y PA3; mientras que el mismo parámetro en los puntos PA1 y PA4 supera estos límites, junto con los coliformes fecales, en el río Maguazo los parámetros Nitratos, pH y turbidez se encuentran dentro de los límites permisibles en todos los puntos de muestreo, mientras que los parámetros DBO5 y coliformes fecales superan dichos límites.

La calidad del agua mediante el índice ETP en el río Maguazo determina que es MALA en todos los puntos de monitoreo y para el río Alao es REGULAR en los puntos PA3 y PA4 y MALA en los puntos PA1 y PA2. El ABI, en el río Maguazo, es REGULAR en los puntos PM1, PM2 y PM4 y MALA en el punto PM3, en cambio para el río Alao es MALA en todos los puntos de monitoreo. Mientras que el índice ICA, en los cuatro puntos de monitoreo de los dos ríos, la calidad del agua es BUENA por estar dentro del rango de 71-90%.

Con relación a los macroinvertebrados bentónicos en el río Maguazo se registró 730 individuos, distribuidos en 16 familias y 8 órdenes, y en el río Alao se registró 232 individuos, 13 familias distribuidas en 6 órdenes, los mismos que sirvieron de base para evaluar la calidad del agua a través del índice biológico ETP.

De la matriz de Leopold se obtuvo que los impactos son significativos en un 41,33 % (31 impactos) y no significativos el 58,67 % (44 impactos), lo que demuestra que la flora, fauna, suelo y agua son los elementos mayormente afectados, mientras que la pobreza y el acceso a servicios básicos son menos afectados.

El Plan de Protección plantea acciones encaminadas al aprovechamiento, protección y conservación de los recursos naturales entre las cuales se determina actividades prohibidas, restringidas y permitidas en las diferentes zonas de la unidad hidrográfica.

## **8.2. Recomendaciones**

Debido a la topografía del lugar, las condiciones climáticas y el difícil acceso a los ríos Alao y Maguazo se debe realizar el reconocimiento del sitio con personal técnico que conozca el sector, además utilizar los equipos de protección personal adecuados para la toma de muestras.

Realizar monitoreos continuos de caudales y calidad de agua (ICA NSF, ETP y ABI) de los ríos Alao y Maguazo en época de lluvia y sequía a fin de realizar comparaciones cualitativas y cuantitativas para conocer el comportamiento de la unidad hidrográfica.

Una vez evaluado y aprobado el presente plan de protección por la EP-EMAPAR, se debe difundir la información a comunidades e instituciones involucradas en la conservación y manejo de microcuencas, para que sean conocedores del alto potencial que poseen y sean actores directos en la generación de planes de protección de la zona de influencia de la microcuenca del río Alao-Maguazo.

Formular y ejecutar proyectos compensatorios en la zona intervenida para el trasvase de agua superficial Alao -Maguazo por parte de la Ilustre Municipalidad de Riobamba, de tal forma que permitan disminuir la presión que ejercen las comunidades sobre este tipo de recursos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Administración de Parques Nacionales. (2010). Guía para la Elaboración de Planes de Gestión de Áreas Protegidas. *APN*, 130.
- Aguirre, M. (2011). *La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos*. Quito: REDESMA.
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. Washington D.C.: Centinell.
- Bautista, K. (2009). *Estudio del aprovechamiento hídrico de la microcuenca del río Alao desde los usos de concesión*. Riobamba.
- Borja, G. (2015). *Plan de desarrollo turístico para la parroquia Pungalá del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Riobamba.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: Otto Zambrano Mendoza.
- Codina, A. (2011). Deficiencia en el uso del FODA causas y sugerencias. *Revista Ciencias Estratégicas*, 100.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2012). Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador. *CEPAL*, 18.
- Culqui, W. (2015). *Estudio de impacto ambiental expost y plan de manejo ambiental de CETICUERO curtiduría*. Ambato.
- Chevalier, J. (2015). El Sistema de Análisis Social. *Carleton University*, 13.



- Déley, R., & Santillán, P. (2016). *Macroinvertebrados Bentónicos de las Microcuencas Jubal, Ozogoche y Zula Parque Nacional Sangay - Ecuador*. Riobamba: UPPI.
- Empresa Pública Municipal de agua potable y alcantarrillado ciudad de Riobamba. (2009). Plan maestro de agua potable y alcantarrillado. *EPEMAPAR*, 300.
- Fierro, D., & Jiménez, J. (2011). Morfometría de las Cuencas Hidrográficas del Sur de Colombia. *Universidad Pontificia Bolivariana*, 35.
- GAD de Pungalá. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Pungalá*. Riobamba.
- GADM de Riobamba. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba*. Riobamba.
- Gaspari, F. (2009). *Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas*. La Plata: Universidad de la Plata.
- Gaspari, F. (2013). *Elementos metodológicos para el Manejo de Cuencas Hidrográficas*. La Plata: Universidad de la Plata.
- Ministerio del Ambiente. (2007). *Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Quito: REGAL ECOLEX.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador . (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito.
- Muñoz, F. (2011). *Manejo de cuencas hidrográficas tropicales*. Loja: Universida Técnica de Loja.
- Organización de las Naciones Unidas. (2011). *Desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, agua para todos, agua para la vida*. ONU.
- Prat, N. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. En macroinvertebrados bentónicos sudamericanos .Sistemática y biología. *Fudación Miguel Lillo*, 631-654.
- Ramírez, J. (2012). Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. *Académico del Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas de la Universidad Veracruzana*, 61.
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía*. Bogotá: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Rosero, D., & Fossati, O. (2009). Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del Páramo. *Indicadores bióticos*, 21.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017*. Quito: Dirección de Planificación Integral.
- SENPLADES. (2014). *Informe de Evaluación Plan Estratégico Institucional 2014 - 2017*. Quito: Dirección de Planificación Integral.

UNESCO. (2016). Recuperación del Recurso Agua. *Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua*, 30.

Zambrana, A. (2008). Plan de Manejo de la Microcuenca del río El Patuca. *Universidad de San Pedro Sula*, 29.

## **10. ANEXOS**

### **10.1. ANEXO 1. Plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de Agua Potable para la ciudad de Riobamba**

**“PLAN DE PROTECCIÓN DE LAS  
MICROCUENCAS MAGUAZO Y  
BOCATOMA COMO FUENTES DE  
CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE  
PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

## RESUMEN

La protección de las fuentes de agua potable de las micro cuencas Maguazo y Bocatoma es indispensable para preservar y garantizar la calidad del recurso agua de manera sostenible y sustentable para los habitantes de la ciudad de Riobamba. En este contexto, como estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo, establecemos el siguiente “Plan de protección de las micro cuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba”.

La formulación del Plan de Protección de las fuentes de Maguazo y Bocatoma que serán utilizadas como fuentes de captación de agua potable de la ciudad de Riobamba, se fundamenta en la línea base, así como en la investigación de la información generada previamente por los análisis de campo y laboratorio realizados, la cual incluye lo siguiente:

- Línea base del proyecto
- Análisis morfo métrico de la cuenca
- Análisis de la calidad de las fuentes de agua realizados mediante términos de calidad del agua ICA NSF y macroinvertebrados, utilizando los índices ETP, y el índice biológico andino ABI.
- Identificación de los posibles riesgos de contaminación de las fuentes de agua por: descarga de aguas residuales y desechos sólidos, y uso del suelo, además, de identificar los sitios de interés para la conservación ambiental.
- Delimitación de las zonas de protección de las fuentes de Maguazo y Bocatoma que serán utilizadas como fuentes de captación de agua potable.
- El plan de protección de las fuentes de Maguazo y Bocatoma que serán utilizadas como fuentes de captación de agua donde se detallan las actividades que deben realizarse para recuperar remanentes de zonas vegetales, mejoramiento de la calidad de agua superficial, reducción de residuos sólidos en las zonas de influencia, expansión de la cobertura vegetal natural y eficiencia del uso de agua en Riobamba.
- Delimitación de las zonas de protección dentro de la zona de influencia con el objeto de preservar la calidad del agua de las microcuencas Maguazo y Bocatoma.
- Definición de actividades permitidas, restringidas y prohibidas dentro de las zonas de protección.
- Definición de actividades para la recuperación ambiental en las zonas de protección.

Actividades de educación ambiental para la protección de las zonas de protección.

El programa detallado del Plan de Protección de las fuentes de Maguazo y Bocatoma que serán utilizadas como fuentes de captación de agua potable en la ciudad de Riobamba.

El Plan de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable, presenta como parte principal el análisis de las bases de datos de calidad ambiental de la zona de estudio y de los riesgos asociados para la calidad del agua de las fuentes de agua potable.

## **Objetivos**

El Plan de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable tiene como objetivos:

- Dar por cumplimiento a la normativa legal respecto a la gestión ambiental requerida para la protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable.
- Evaluar los resultados determinados durante el análisis del índice de calidad de agua ICA NSF y los índices biológicos ETP y ABI la fase de Evaluación de Línea Base de las microcuencas Maguazo y Bocatoma y de sus zonas de influencia, correspondientes a la determinación de la calidad del agua, uso del suelo, riesgos y oportunidades dentro de las zonas de estudio.
- Definir zonas de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable en base de los resultados del estudio de calidad ambiental
- Definir actividades de comunicación y socialización de los sub planes, proyectos y actividades del Plan de protección.

## **Marco Legal Regulatorio**

A continuación, se hace referencia a varios elementos del marco legal regulatorio pertinente incluyendo artículos de:

- Constitución de la República del Ecuador, 2008
- Ley de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio de Ambiente
- Normativa local

## **Constitución de la República Del Ecuador, 2008**

**El Artículo 12 indica** “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

**El Artículo 32 indica** “La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho **al agua**, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir”.

**El Artículo 66 indica** “[...] 2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, **agua potable**, vivienda, **saneamiento ambiental**, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.”

**El Artículo 264 indica** “Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: [...] 4. Prestar los servicios públicos de **agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental** y aquellos que establezca la ley.”

La Constitución establece el siguiente objetivo del régimen de desarrollo: “4. recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad **al agua**, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

**El Art. 282 indica** “Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del **agua** y sus fuentes.”

**El Art. 313 indica** “El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. [...] Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, **el agua**, y los demás que determine la ley.”

**El Art. 318 indica** “El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. **Se prohíbe toda forma de privatización del agua.**

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. **El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.** El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de relación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.”

**El Art. 411 indica** “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se 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.**”

**El Art. 412 indica** “La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su **planificación, regulación y control.** Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico”

### **Ley de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua**

LEY DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, Segundo Suplemento -- Registro Oficial N° 305 -- miércoles 6 de agosto de 2014

**Artículo 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes.** El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley.

La Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las

comunidades, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales.

El Estado en sus diferentes niveles de gobierno destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia.

En caso de no existir usuarios conocidos de una fuente, su protección y conservación la asumirá la Autoridad Única del Agua en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en cuya jurisdicción se encuentren, siempre que sea fuera de un área natural protegida.

El uso del predio en que se encuentra una fuente de agua queda afectado en la parte que sea necesaria para la conservación de la misma. A esos efectos, la Autoridad Única del Agua deberá proceder a la delimitación de las fuentes de agua y reglamentariamente se establecerá el alcance y límites de tal afectación. Los propietarios de los predios en los que se encuentren fuentes de agua y los usuarios del agua estarán obligados a cumplir las regulaciones y disposiciones técnicas que en cumplimiento de la normativa legal y reglamentaria establezca la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la conservación y protección del agua en la fuente.

**Artículo 13.- Formas de conservación y de protección de fuentes de agua.** Constituyen formas de conservación y protección de fuentes de agua: las servidumbres de uso público, zonas de protección hídrica y las zonas de restricción.

Los terrenos que lindan con los cauces públicos están sujetos en toda su extensión longitudinal a una zona de servidumbre para uso público, que se regulará de conformidad con el Reglamento y la Ley.

Para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, se establece una zona de protección hídrica. Cualquier aprovechamiento que se pretenda desarrollar a una distancia del cauce, que se definirá reglamentariamente, deberá ser objeto de autorización por la Autoridad Única del Agua, sin perjuicio de otras autorizaciones que procedan.

Las mismas servidumbres de uso público y zonas de protección hídrica existirán en los



embalses superficiales. En los acuíferos se delimitarán zonas de restricción en las que se condicionarán las actividades que puedan realizarse en ellas en la forma y con los efectos establecidos en el Reglamento a esta Ley.

### **Texto Unificado De Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA)**

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del ministerio de Ambiente fue publicado a través de una emisión especial del Registro Oficial del día 31 de marzo del 2003. En este cuerpo se compilan todas las normas específicas referentes a la Autoridad Ambiental, la Gestión Ambiental, el Régimen Forestal, la Biodiversidad, la Gestión de Recursos Costeros, la Calidad Ambiental, el Régimen Especial para Galápagos, el Instituto para el Eco desarrollo Regional Amazónico y el Sistema de Tasas por los Servicios Ambientales.

Con respecto al acuerdo ministerial 061 que reforma el Libro VI del TULSMA, referente a la Calidad Ambiental, contiene el Anexo 1, titulado “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua”, el cual es de inter mediante acuerdo ministerial 097<sup>a</sup>, la Norma de Calidad Ambiental para Recurso Suelo. Esta norma técnica “es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional” y determina, ente otros aspectos, los límites permisibles y las disposiciones para las descargas en cuerpos receptores, así como los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.

### **Normativa Local**

#### **a) Ordenanzas de la Municipalidad De Riobamba**

- Resolución Concejo Cantonal (Fondo ambiental) (2005): Según la resolución de Concejo Cantonal N° 232-SCM-2005, expedido el 1 de noviembre de 2005, que resuelve aprobará se realicen las gestiones para canalizar recursos de donación del 25% del impuesto a la renta, créditos de organismos públicos, organismos internacionales y optimizar la inversión de los recursos en la protección del ambiente incorporando la participación ciudadana, crear el Fondo Ambiental para el financiamiento del Proyecto Parque Lineal Chibunga, a fin de obtener la trasferencia de recursos por parte de los Ministerios de Economía y Ambiente.
- Ordenanza que Reglamenta el Uso del Suelo en la Ciudad de Riobamba: El conjunto de normas específicas que regulan los aspectos relacionados con el fraccionamiento, ocupación y uso del suelo en la ciudad de Riobamba.
- Ordenanza para la creación del fondo patrimonial de fideicomiso mercantil para la

protección de las fuentes de agua que confluyen al cantón Riobamba. (2008)

## Línea base de la microcuenca del río Alao

### Medio Físico

### Localización

La microcuenca del Río Alao se encuentra ubicada en la provincia Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Pungalá, a 40 Km de la ciudad de Riobamba con una altitud de 2680 a 4440 m.s.n.m.

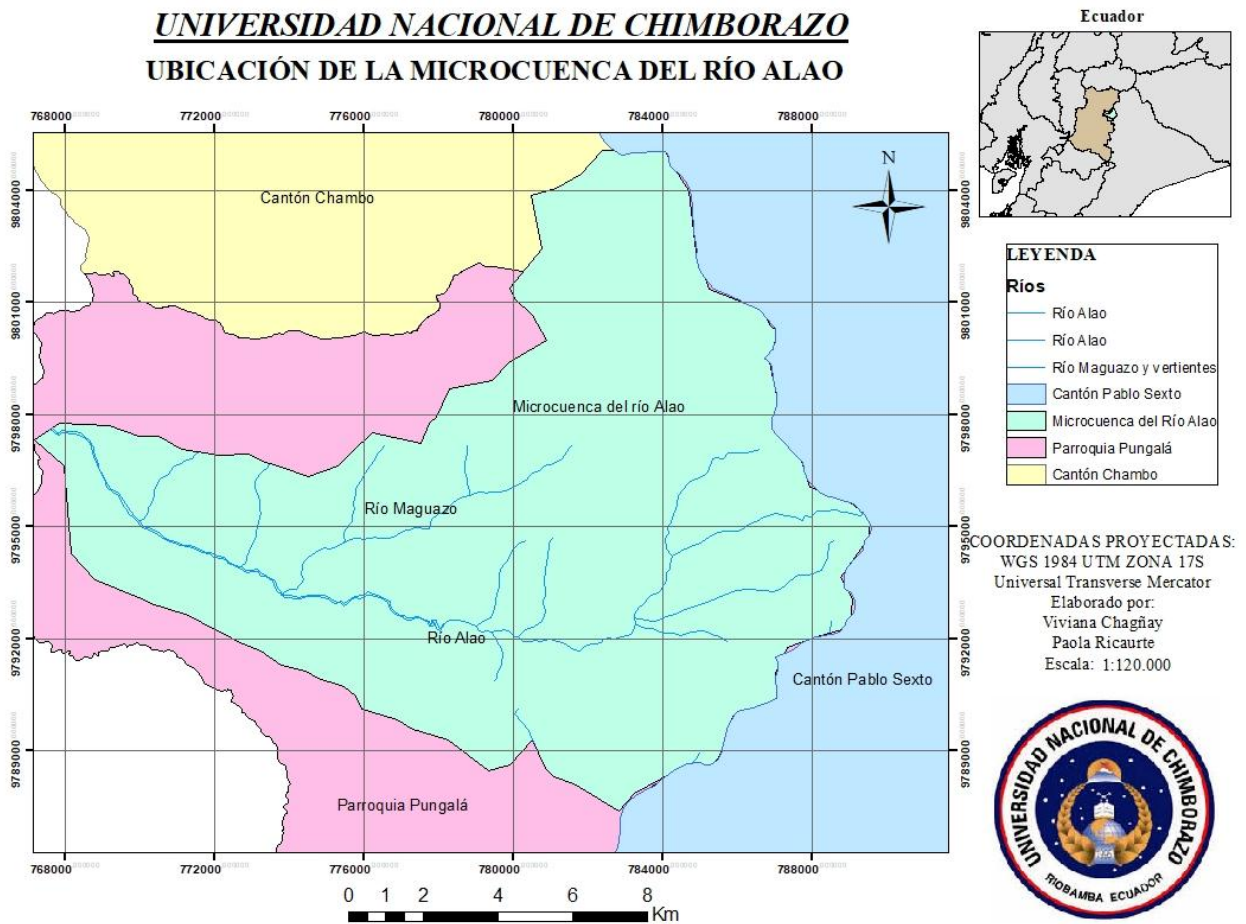


Figura 6. Mapa de la microcuenca del río Alao

## Superficie y Límites

La microcuenca del río Alao tiene una superficie de 186,20 km<sup>2</sup>, se encuentra en la parroquia Pungalá perteneciente al cantón Riobamba, sus límites son:

**Norte:** con el cantón Chambo, en la provincia de Chimborazo

**Sur:** con el cantón Guamote, en la provincia de Chimborazo

**Este:** con el cantón Pablo Sexto, en la provincia de Morona Santiago

**Oeste:** con la parroquia Licto, en el cantón Riobamba

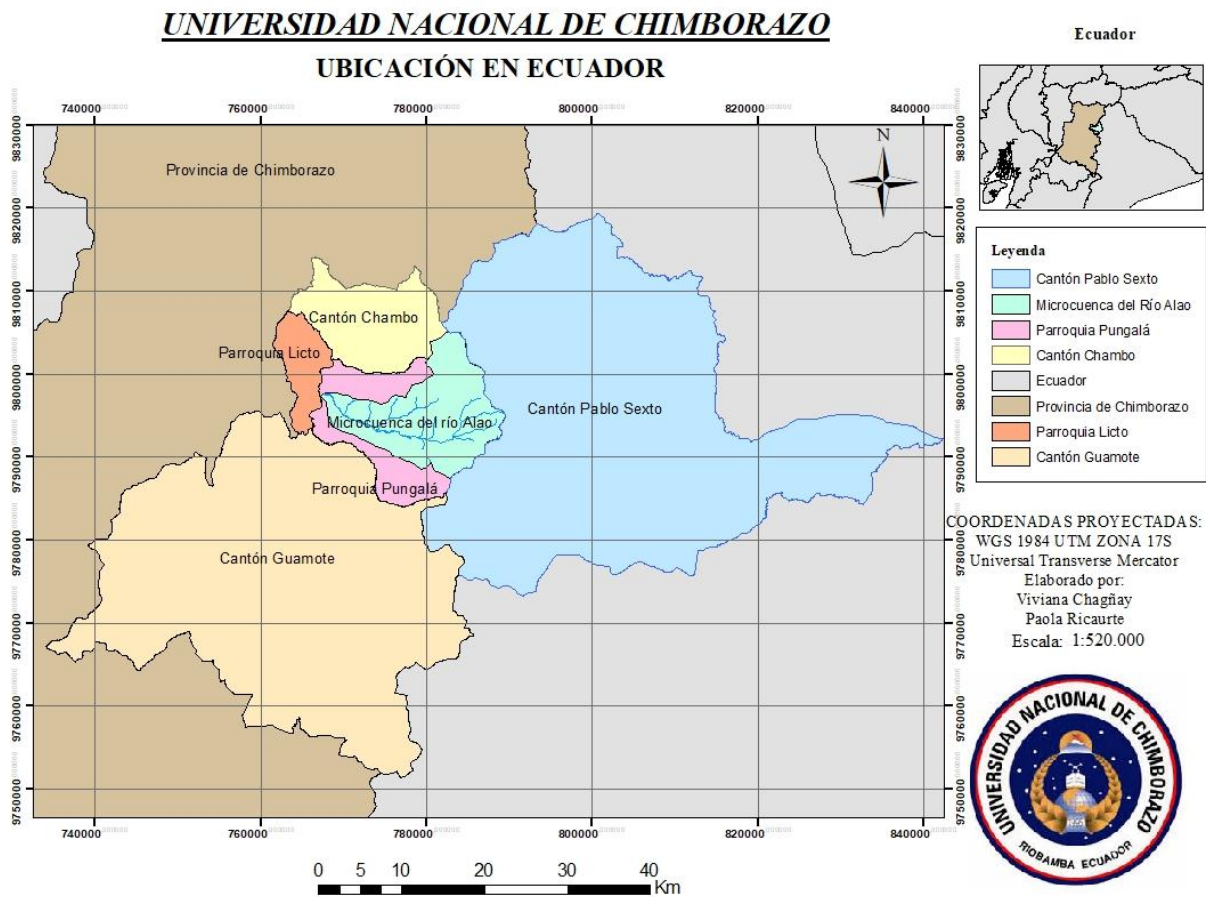


Figura 7. Mapa de ubicación de la microcuenca del río Alao y sus límites.

## Ubicación Geográfica

Coordenadas geográficas WGS 1984 UTM Zona 17 S

Coordenadas en X: 779401,6547

Coordenadas en Y: 9795738,862

Altitud: 2760 – 4540 m.s.n.m.

## **Clasificación Ecológica**

La parroquia Pungalá pertenece al Arbustal siempre verde y Herbazal del Páramo (MAE, 2012).

## **Pisos Ecológicos**

En Pungalá de acuerdo a las clases de suelos, su pendiente, uso actual, potencial y ubicación latitudinal, se han determinado tres pisos ecológicos.

**Piso Bajo:** comprendido entre 2811 y 2860 m.s.n.m, se constituye por suelos superficiales, algo pedregosos, francos, con pendientes hasta 30%, dedicado principalmente al cultivo de maíz, fréjol y zambos (Borja, 2015).

**Piso Medio:** se ubica entre 2860 y 2940 m.s.n.m. es el más productivo de la comunidad, con pendientes planas y ligeramente onduladas, suelos con una capa agrícola profunda de textura franca arenosa, piso en el que se cultiva preferentemente maíz asociado con fréjol, cebada, trigo y dependiendo de la presencia de adecuada humedad inclusive papa (Borja, 2015).

**Piso Alto:** entre los 2940 y 3160 m.s.n.m. es el piso más frágil en él se pueden observar espacios de suelo en procesos de erosión y otros severamente erosionados en donde aflora la canchagua, con pendientes hasta del 60%, sin embargo, se encuentra parcelas dedicadas especialmente al cultivo de maíz y lenteja (Borja, 2015).

## **Vías de Acceso**

La parroquia de Pungalá se encuentra comunicada con la cabecera cantonal Riobamba, por medio de la vía de Licto que es asfaltada, pero en su mayor parte deteriorada; para comunicarse con sus comunidades posee una vía de tercer orden.

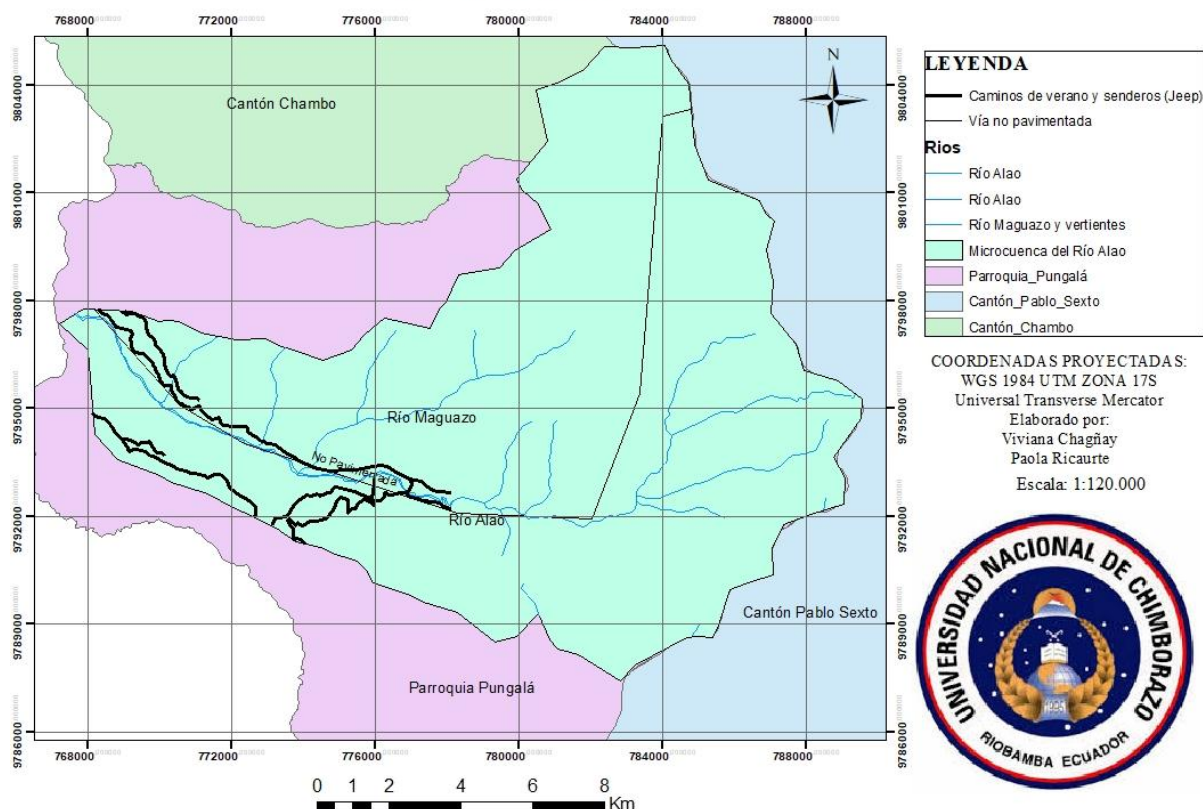
El sistema vial de la parroquia está constituido por dos ejes principales: la carretera Pungalá-Alao y la carretera de Pungalapamba - Puruhay - Etén.

En primer eje vial con una longitud de 15 km, se caracteriza por ser una vía demasiado estrecha, muy peligrosa con constantes deslizamientos de tierra, encontrándose actualmente deplorables, pese a que los tramos son lastrados.

El otro eje principal es con características similares, debido al mal mantenimiento de las vías y a las excesivas lluvias. Las vías llegan al centro de todas las comunidades encontrándose a penas un 30% lastrada, dificultando el acceso en épocas de invierno.

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

### VÍAS DE ACCESO



**Figura 8.** Mapa de vías de acceso de la microcuenca del río Alao

### Topografía

El territorio de la Parroquia Rural de Pungalá muestra un relieve montañoso, típico de la estribación de cordillera.

### Uso de Suelos

El territorio de la Parroquia Rural de Pungalá está dominado por amplias zonas de páramo según puede revisarse en detalle en la siguiente tabla.

**Tabla 24.** Uso y cobertura del suelo en la Parroquia Rural de Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).

Categoría de uso	Superficie (ha)	Porcentaje
Bosque exótico	473,59	1,7%
Bosque nativo	2.657,46	9,4%
Cultivo	353,42	1,3%
Improductivo	1.433,23	5,1%
Páramo	18.178,37	64,6%
Pasto	2.181,50	7,8%
Pasto/Cultivo	2.855,49	10,1%
<b>Total</b>	<b>28.133,06</b>	<b>100,0%</b>

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

## USO DE SUELOS

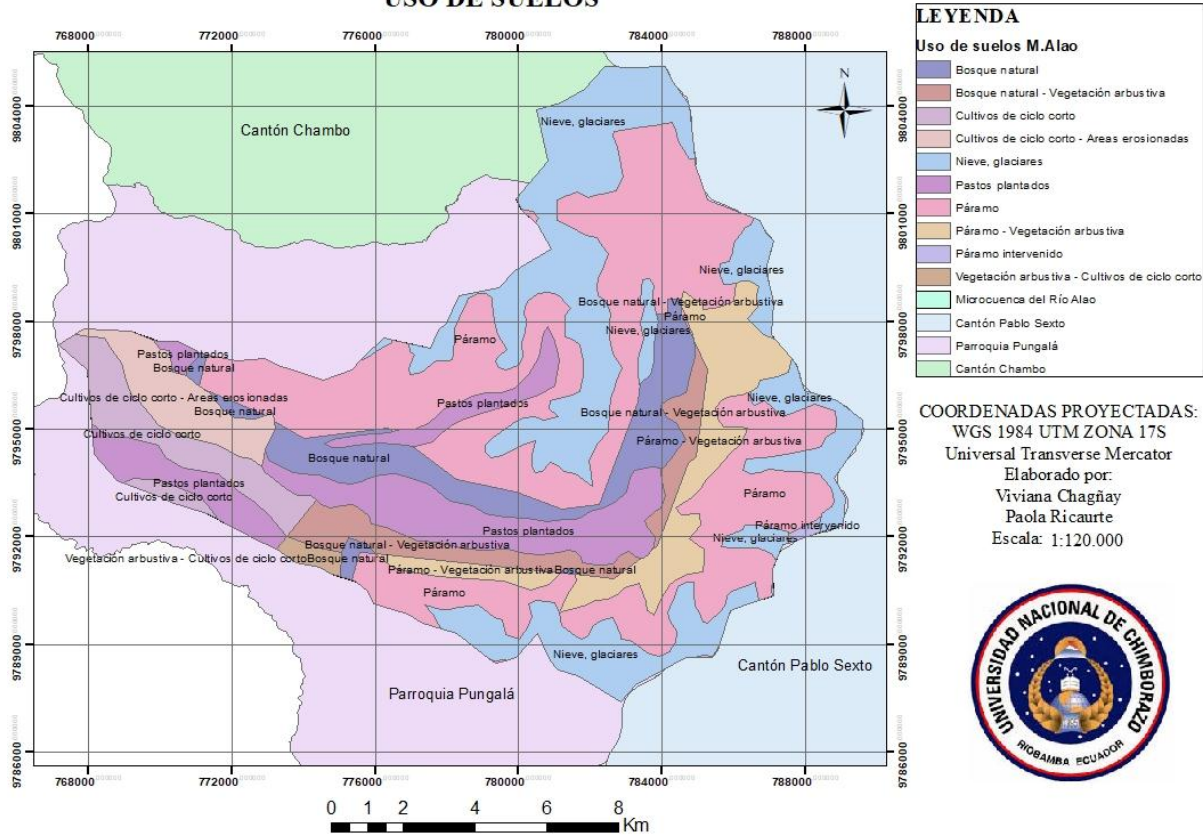


Figura 9. Mapa de uso de suelo de la microcuenca del río Alao

### Amenazas o Peligros

#### Heladas

De acuerdo al registro de ocurrencia de eventos naturales adversos se destaca que las heladas son frecuentes año con año, resaltándose que los periodos comprendidos entre los meses de julio, agosto, diciembre y enero muestran mayor repitencia en la ocurrencia del referido fenómeno; según se puede revisar en el cuadro que se presenta a continuación (PDOT de Pungalá, 2015).

#### Sequía

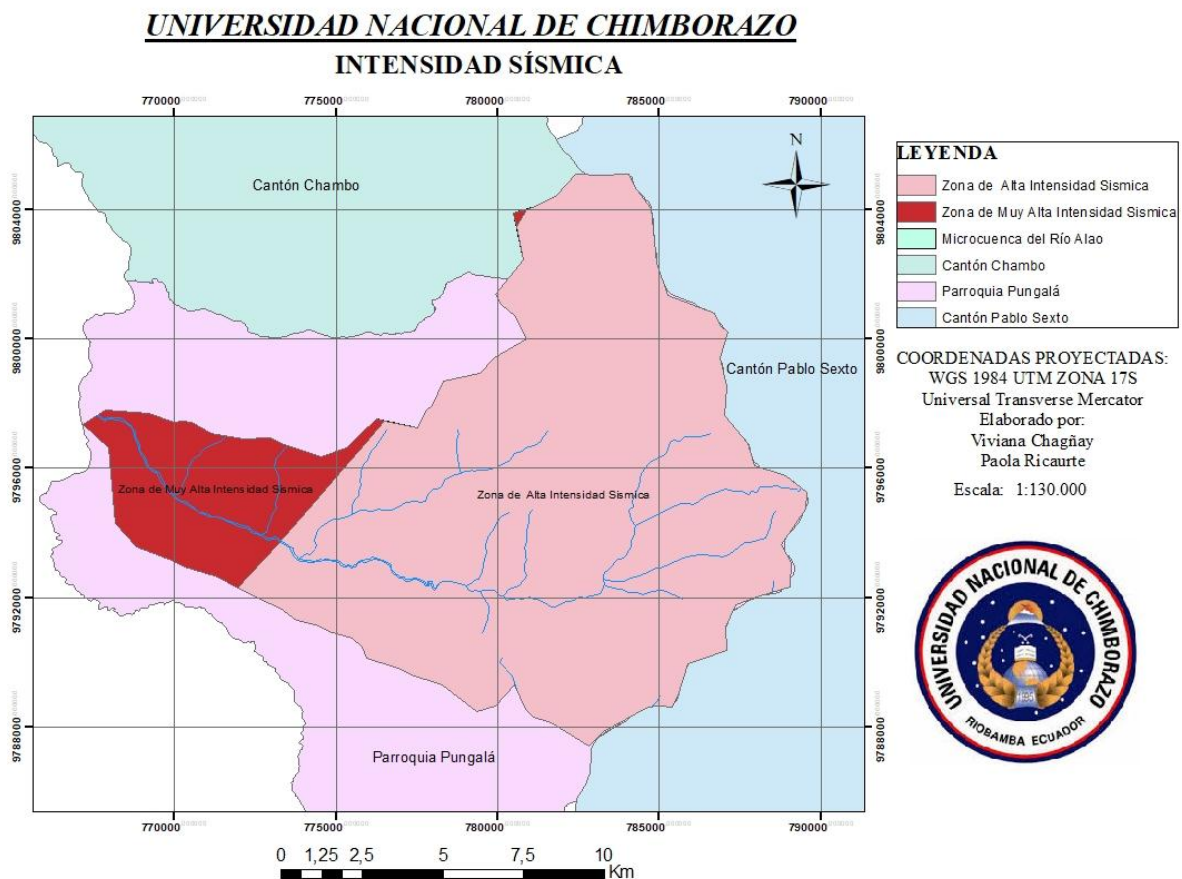
De acuerdo al registro de ocurrencia de eventos naturales adversos, en relación al fenómeno de sequias, se destaca que el mismo es frecuente año con año, resaltándose que los periodos comprendidos entre los meses de agosto y septiembre muestran mayor repitencia del referido fenómeno (PDOT de Pungalá, 2015).

## Incendios

De acuerdo al registro de ocurrencia de eventos naturales adversos, en relación con los incendios, se destaca que, en los años de 2002, 2006, 2007, 2009, 2010 y 2011, éstos eventos llegaron a causar daños especialmente en áreas con vegetación natural nativa (PDOT de Pungalá, 2015).

## Deslaves

De acuerdo al registro de ocurrencia de eventos naturales adversos, en relación al fenómeno de deslaves o movimientos en masa, se destaca que en el año de 1985 éstos eventos llegaron a causar daños materiales en algunos asentamientos humanos. Aunque se considera que éste fenómenos es de repitencia anual y afecta en mayor o menor medida a la normal circulación de la población debido al cierre parcial o total de las vías de comunicación terrestres (PDOT de Pungalá, 2015).



**Figura 10.** Mapa de intensidad sísmica de la microcuenca del río Alao.

## Hidrología

La parroquia Pungalá cuenta con una red hidrográfica proveniente de los ríos Daldal por el lado norte, por el lado sur Guarguallá y Cebadas, en la parte occidental el río Chambo y por la parte occidente el río Alao que atraviesa de oriente a occidente. Cabe indicar la importancia de los ríos Maguazo, Ishpi y Zanampala, por su utilización para riego (PDOT de Riobamba, 2015).

El río Guarguallá alimenta el proyecto de riego más importante de la provincia de Chimborazo, denominado Guarguallá –Licto y el río Alao por otro lado, así como el río Maguazo, alimentan el caudal para la producción de energía en la central hidroeléctrica de Alao.

**Tabla 25.** Hidrología de la parroquia Pungalá (PDOT de Riobamba, 2015).

Nombre	Distancia (Km)
Río Alao	55,97
Río Chambo	12,43
Río Daldal	9,50
Río Ishpi	10,68
Río Maguazo	4,63
Río Shayhua	4,34
Río Zanampala	7,10

## Clima

**Tabla 26.** Clima de la Parroquia Pungalá (Borja, 2015).

Variable	Descripción
Temperatura	En Pungalá el 90% de su extensión tiene el clima Ecuatorial Frío de Alta montaña y el 10% Ecuatorial Frío Semihúmedo. Comprenden temperaturas que oscilan entre los 6 y 18 °C, con una media de 12 °C, lo que permite la existencia de climas templados en las partes bajas y fríos en las zonas altas (Borja, 2015)
Precipitación	Las precipitaciones anuales fluctúan desde 500 hasta 1000 mm de lluvia; los meses más secos son Julio y Agosto (Borja, 2015).

## Medios bióticos

### Flora


En la zona alta donde se origina el río Alao se pueden apreciar grandes zonas de páramo acompañados de bosques andinos de Polylepis. La zona presenta pendientes que fluctúan de 5 a 38° y una temperatura atmosférica del 80%.

Se observan pequeños remanentes de bosque nativo como: Polylepis, Budlejas, Escalonias en áreas protegidas naturalmente (hondonadas), se constituyen remanentes de grandes bosques (Bautista, 2009).
















La flora es muy variada, debido a los diferentes tipos de suelo y clima, cuyas especies fueron identificados en base el PDOT de Pungalá (2015), entre las que tenemos:






**Tabla 27.** Flora de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).







Nombre común	Nombre científico	Usos	Imagen
Taxo	<i>Pasiflora mollissima</i>	Se consume mediante jugos y el fruto por los niños	
Guanto	<i>Brugmansia Sanguine</i>	Se usa para realizar limpias a niños enfermos por espantos o mal viento.	
Higuerilla	<i>Datura stramonium</i>	Por su alto contenido de alucinógeno y peligrosidad no se le da uso.	
Ortiga negra	<i>Urtica dioica</i>	Se usa para limpias y aguas para la sangre	
Valeriana	<i>Valeriana rigida</i>	No se le da ningún uso	

Kikuyo	<i>Pectisetum Clandestinum</i>	Pasto para animales, mala hierva	
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	Las hojas se usan para infusiones mientras q el tronco para leña.	
Borraja	<i>Borrago Officinalis</i>	Se usa para curar la tos mediante infusiones	
Cola de caballo	<i>Equisetum arvense</i>	Se usa en infusiones para las mujeres que han dado a luz, o dolores de estomago	
Llantén	<i>Plantago major</i>	Usos de infusión para dolores estomacales	
Malva	<i>Malva sylvestris</i>	Se usa para infusión en caso de dolores de estómago, tos y limpias	

Ciprés	<i>Cupressus sempervirens</i>	Uso maderable	
Frutilla	<i>fragaria vesca</i>	Para consumo exclusivo de os niños y en ciertos caso para comercialización	
Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>	Infusiones para dolores estomacales y como té	
Retama	<i>Sarathamnus Scoparius</i>	Uso ornamental en ciertos casos	
Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	Uso medicinal para colerín	
Pino	<i>Pinus sylvestris</i>	Uso maderable y leña.	

Taraxaco	<i>Taraxacu officinale</i>	Mala hierba	
Maíz	<i>Zea maíz</i>	Uso alimenticio, comercialización y de alimento para ganado vacuno	
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Es usado para realizar limpieas y males de los animales	
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	Uso de alimentación y comercialización y el tallo para alimentar al ganado	
Trigo	<i>Triticum spp</i>	Para consumo y comercialización	
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Se usa para tratamiento del cabello mediante infusión, limpieas y aguas para baño	
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	Para consumo familiar y comercialización	

Avena	<i>Avena sativa</i>	Alimento para ganado vacuno	
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>	Uso para golpes o fracturas	
Pajilla	<i>Stipa plumeris</i>	Construcción de cosas y casas para animales y de pasto	
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Para consumo interno y comercialización	
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Uso para alimento de ganado, cuyes y conejos	
Pumamaqui	<i>Oreopanax andreanum</i>	Ornamental	







Mora	<i>Rubus roseus</i>	Para consumo familiar y comercialización	
Aliso	<i>Alnus jorullensis</i>	Maderable ornamento	
Yagual	<i>Polylepis sp</i>	Maderable	
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	Leña, uso como combustible	
Nogal	<i>Yuglans Geotrópica</i>	Combustible, leña	
Capulí	<i>Padus capoli</i>	De acuerdo a la época para consumo y comercialización	



## Fauna

Cuenta con una gran variedad de faunas, según el plan de ordenamiento territorial de Pungalá, entre las más comunes están:

## Mamíferos


**Tabla 28.** Fauna: Mamíferos de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).

Nombre común	Nombre científico	Imagen
Conejo	<i>Oryctulagus cunicula</i>	
Vaca	<i>Bos Taurus</i>	
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>	
Borrego	<i>Ovisaries</i>	
Chancho	<i>Sus domestic</i>	
Burro	<i>Equusasinu</i>	

Perro	<i>Canis lupus familiaris</i>	
Gato	<i>Felis ylvestrus catus</i>	
Caballo	<i>Equuscaballus</i>	
Mula	<i>Equusasinus</i>	
Llama	<i>Llama glama</i>	

### Animales silvestres

**Tabla 29.** Fauna: Animales silvestres de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).


Nombre común	Nombre científico	Imagen
Lobo	<i>Canis lupus</i>	






Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>	
Zorro	<i>Vulpes</i>	
Oso de Anteojos	<i>Tremarctos ornatus</i>	
Raposa	<i>Paris quadrifolia</i>	
Ratón	<i>mus musculus</i>	
Murciélago	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	

## Aves

**Tabla 30.** Fauna: Aves de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).




Nombre común	Nombre científico	Imagen
Mirlo	<i>Lusciniamе garhynchos</i>	

Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>	
Paloma	<i>Columba livia</i>	
Lechuza	<i>Tyto alba</i>	
Tórtola	<i>Geopelia cuneata</i>	
Búho	<i>Buhovirginianus</i>	
Gallina	<i>Gallus gallus</i>	
Pato	<i>Anser anser</i>	

Gallinazo	<i>Sarcorhamphus papa</i>	
Colibrí	<i>Colibri coruscans</i>	
Gorrión	<i>Zonotrichia capensis</i>	








## Anfibios

**Tabla 31.** Fauna: Anfibios de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).

Nombre común	Nombre científico	Imagen
Lagartijas	<i>Podarcis murali</i>	
Sapos	<i>Bufo bufo</i>	
Rana	<i>Rana perezi</i>	

## Insectos

**Tabla 32.** Fauna: Insectos de la parroquia Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).

Nombre común	Nombre científico	Imagen
Escarabajo	<i>Oryctes</i>	
Saltamontes	<i>Anacriduim aegyptum</i>	
Hormigas	<i>Formica rufa</i>	
Cien pies	<i>Scolopendra cingulata</i>	
Tarántula	<i>Lycosa tarentula</i>	
Mosco	<i>Musca domestica</i>	
Escorpión	<i>Bothusoccitanus</i>	

Araña	<i>Mastagosphora dizzydeani</i>	
Luciérnaga	<i>Lampyris noctiluca</i>	

## Medio Socio – Económico

### Aspectos Demográficos

#### Población

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2010), la parroquia Pungalá posee una población de 5954 habitantes.

**Tabla 33.** Población de la parroquia Pungalá (INEC, 2010).

Sectores	Número de Habitantes	Porcentaje %
Urbana	-	0
Rural	5954	100
<b>Total</b>	<b>5954</b>	<b>100</b>
Mujeres	3117	52,35
Hombres	2837	47,65
<b>Total</b>	<b>5954</b>	<b>100</b>

El total de la población se concentra en el sector rural con 5954 habitantes, de la misma manera las mujeres son las que predominan con 3117 habitantes y un 52.35%. Fuente: (INEC, 2010)

#### Idioma

La gran mayoría de la población de Pungalá es bilingüe kichwa - español, el uso del idioma nativo, tiende a debilitarse especialmente entre la niñez y la juventud, de la misma manera su cosmovisión, lo cual indica que procesos de interculturalidad corren la misma suerte (PDOT de Pungalá, 2015).

#### Migración

En Pungalá existen dos tipos de movilidad, la estacional o dentro del país y la permanente o fuera del país, siendo la principal motivación la búsqueda de oportunidades de trabajo.

La migración en Pungalá es de aproximadamente el 20% de los cuales el 90% son hombres y el 10% mujeres.

El 0,05% de la población sale al exterior de los cuales el 70% sale a España, 20% a Estados Unidos y 10% a Italia, las ciudades de preferencia para la migración interna son Quito y Riobamba con un 38,59% y 36,2% respectivamente, mientras que Tulcán es la ciudad de menor preferencia con un 0,06% de migrantes (PDOT de Pungalá, 2015).

### Educación

La parroquia Pungalá tiene 48 centros de educación, de los cuales 47 son fiscales y 1 es fisco-misional. Los niveles que ofrece son: inicial, educación básica y bachillerato, además de alfabetización (PDOT de Riobamba, 2015).

La tasa de asistencia disminuye en razón de ir alcanzado el nivel más alto de educación; es decir que mientras más bajo sea el nivel de educación hay una mayor tasa de asistencia, lo contrario ocurre cuando el nivel de educación sube, en cuyo caso, la tasa de asistencia desciende considerablemente, las tasas de asistencia en hombres resultan ser mayores a las tasas de asistencia en mujeres para todos los niveles de educación (PDOT de Pungalá, 2015).

### Salud

La disponibilidad de centros de atención en salud asentados dentro del territorio de la Parroquia Rural de Pungalá puede ser revisada en la tabla que se muestra a continuación.

**Tabla 34.** Disponibilidad de servicios de salud en las comunidades de Pungalá (PDOT de Pungalá, 2015).

Comunidad	Nombre de la institución	Forma de administración			Tipo de institución		
		Pública MSP	IESS	Privado	Sub centro de salud	Dispensario comunal	Consultorio privado
Alao Llactapamba	Puesto de salud	√			√		
Pungalá	Sub centro de salud Pungalá	√			√		
Puruhay San Gerardo	Puesto de Salud Puruhay San Gerardo	√			√		
San Antonio de Alao	Dispensario del Seguro Social Campesino		√			√	

Un total de 4 centros de atención en salud se encuentran emplazados dentro del territorio parroquial.

## Estratificación

### Niveles de organización a nivel de comunidad

Cada uno de los asentamientos humanos ha adoptado varias formas de organización llegando a configurar un tejido social imbricado que a la vez genera la existencia de varios líderes de hecho y de derecho paralelos a la organización del cabildo comunal.

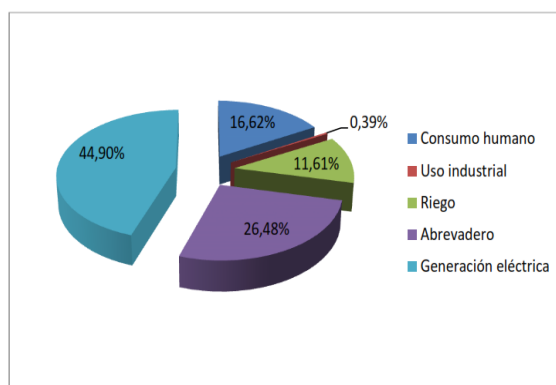
De las 27 localidades 23 están dentro de las comunas como organización de base que cobija a toda la población, mientras 5 de ellas, incluida la cabecera parroquial, no disponen de esta forma de organización, 4 localidades están dentro de asociaciones que cobijan únicamente a un miembro de la familia (PDOT de Pungalá, 2015).

## Servicios Básicos

### Agua

El 100% de los asentamientos humanos cuentan con agua entubada sin tratamiento (PDOT de Pungalá, 2015).

De acuerdo a registros de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), un total de 156 concesiones de agua se encuentran ubicadas dentro del territorio de la parroquia rural de Pungalá; destacándose que el mayor número de concesiones está orientado a cubrir la necesidad de riego de los diferentes asentamientos humanos, esto en relación al total de volumen adjudicado (PDOT de Pungalá, 2015).



**Figura 11.** Distribución del volumen total de agua concesionada según tipo de uso (PDOT de Pungalá, 2015).

De acuerdo al gráfico que antecede, se tiene que, del total de volumen de agua concesionado, alrededor del 20,84% se destinan a la producción agropecuaria; mientras que apenas el 16,62% se destina a satisfacer las necesidades de agua para el consumo humano y el uso doméstico. Por otro lado, cabe considerar que el mayor volumen de agua concesionado está destinado a la generación de energía eléctrica (PDOT de Pungalá, 2015).

### Energía Eléctrica

A pesar de que todas las comunidades cuentan con una red de energía eléctrica que permite llegar con el servicio; debido a la expansión de algunos asentamientos humanos, se tiene que aún no se ha llegado a proveer del mismo a todos los hogares.

Se requiere ampliar el 11,54% de cobertura del servicio de energía eléctrica para alcanzar a dotar de este servicio a todos los asentamientos humanos (PDOT de Pungalá, 2015).

### Recolección de basura

La cobertura del servicio de recolección de basura se considera limitada y el detalle de los asentamientos humanos que cuentan con el servicio puede revisarse en la siguiente tabla (PDOT de Pungalá, 2015).

**Tabla 35.** Disponibilidad del servicio de recolección de basura en las comunidades (PDOT de Pungalá, 2015).

Comunidad	Servicio de recolección de basura	
	Si	No
Anguñay		√
Chusga		√
Daldal		√
El Mirador		√
Manglul la Playa		√
Pugtus		√
Puninhuayco		√
Pungalapamba	√	
Pungalá	√	
Quishcahuan		√
Alao Llactapamba		√
Melán		√
Peltetec		√
Pucará		√
San Antonio de Alao		√
Shullidis		√
Agua Santa		√
Apuñag		√
Calquis		√
Etén		√



Gaunán		√
Niño Loma		√
Puruhay San Gerardo		√
Puruhay Llactapamba		√

## **Transporte**

La prestación del servicio de transporte es facilitada por dos cooperativas de buses en diferentes frecuencias.

La condición de las vías hace que los buses no accedan al 34,62% de comunidades, siendo común que la gente se transporte en camionetas y en menor proporción en taxis. Los buses que trabajan en la parroquia son de la Cooperativa San Miguel de Pungalá (PDOT de Riobamba, 2015).

## **Telecomunicaciones**

El acceso a servicios de telecomunicaciones, se ha expandido debido a la penetración conseguida por la telefonía móvil.

La manera más común de comunicación en la parroquia es la telefonía celular, las comunidades de Chusga, Melán y Etén carecen de cobertura celular, complicándose la comunicación con sus habitantes, la cabecera parroquial es la única que dispone de cabinas multiservicios y acceso a internet (PDOT de Pungalá, 2015).

El 59,74% de los hogares han accedido a los servicios de telecomunicaciones como efecto de la penetración de la telefonía móvil (PDOT de Pungalá, 2015).

## **Oportunidades y sitios de especial interés para la conservación ambiental**

A partir del análisis de las visitas realizadas en las salidas de campo, se han identificado zonas de especial interés para la conservación ambiental, con el objeto de mantener la función de producción de agua de las zonas de páramo y de prevención de la contaminación por contaminantes antropogénicos.

Las zonas de especial interés para la conservación se han identificado de acuerdo a:

- Páramos dentro y fuera de la zona protegida
- Zona de poblados.
- Zona de captación de agua que será utilizada como agua potable para la ciudad de

Riobamba

- Zona de quebradas.

Por otro lado, se han identificado a las poblaciones cercanas al sitio de interés como son los poblados de Alao Llactapamba y San Antonio de Alao, como elementos clave para el manejo ambiental de las zonas identificadas, ya que su participación coadyuvará al éxito de los programas y proyectos a implementarse.

Las poblaciones identificadas tienen un rol preponderante en la Gestión Ambiental del Páramo y las Quebradas. Para ello el Plan de Protección definirá varias actividades para su participación e involucramiento.

### **Zonas de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable.**

A continuación, se presenta la delimitación de las Zonas de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable.

#### **Zona 1: Zona de Páramos con Máxima Protección**

La Zona 1 corresponde a la zona de máxima protección, y está comprendida por el área de páramo dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay y la zona alta del río Maguazo en donde cualquier evento de contaminación puede degradar el agua ya que son zonas de nacimiento. Debido a ello se requiere que a una distancia de 20 metros a la redonda desde la ribera de los ríos se instale un cerramiento con malla para su protección. El ingreso a esta zona debe estar restringido y se debe prohibir cualquier acceso no autorizado, así mismo se prohíbe el ingreso de ganado y actividades agrícolas. Estas actividades deben ser realizadas en el caso del río Alao, bajo la supervisión del equipo de guarda parques del MAE, y en el río Maguazo por el presidente de la comunidad.

**Tabla 36.** Actividades prohibidas, restringidas y permitidas en la Zona 1: Zona de máxima protección.

<b>Tipo de actividad</b>	<b>Actividades</b>	<b>Zona 1</b>
GANADERÍA	Ubicación de ganado a las riberas del río	Prohibido
AGRICULTURA	Aplicación de Pesticidas y fertilizantes	Prohibido
USO DE SUELO	Cambio de uso de suelo sin permiso	Prohibido
	Tala de árboles	

## Zona 2: Zona de Poblados

La Zona 2 corresponde a los poblados cercanos a los ríos Alao y Maguazo, en donde se presentan actividades como ganadería, agricultura, descargas de agua de viviendas, granjas, piscícolas entre otros.

Para la implementación de este proceso se requiere que se coloquen mallas en las riberas del río para evitar el paso del ganado, además de educar a la población sobre el uso de fertilizantes, los cuales deben colocarse mediante dosis y periodos de tiempo establecidos sobre todo en los alrededores del río para evitar su contaminación. Esto debe ser controlado por el presidente de la comunidad.

**Tabla 37.** Actividades prohibidas, restringidas y permitidas en la Zona 2: Zona de Poblados.

Tipo de actividad	Actividades	Zona 2	Observaciones
GANADERÍA	Ganadería a las riberas del río	Prohibido	
	Tenencia o crianza de animales	Restringido	Requiere de participación en talleres de buenas prácticas ambientales en la tenencia y crianza de animales
AGRICULTURA	Aplicación Abonos	Restringido	Requiere control de dosificación y frecuencia
	Aplicación de fertilizantes	Prohibido	
USO DE SUELO	Cambio de uso de suelo sin permiso	Restringido	Requiere de evaluación para determinar si la actividad no representa un peligro para la calidad del agua de las fuentes
	Tala de árboles	Restringido	Requiere de evaluación para determinar si la actividad no representa un peligro para la calidad del agua de las fuentes
MINERÍA EXTRACTIVA	Realizar actividades con sustancias peligrosas	Prohibido	

## Zona 3: Zona alrededor de la captación de agua que será utilizada como agua potable para la ciudad de Riobamba

La Zona 3 o zona alrededor de la captación que será utilizada como agua potable para la ciudad de Riobamba se extiende a toda el área de influencia a las microcuencas Bocatoma y Maguazo excluyendo las zonas 1, y 2 así como las zonas de quebradas que requieren de una protección diferenciada (Zona 4). El encargado principal será el presidente de la junta parroquial, junto al presidente de las comunidades, los cuales previamente capacitados pueden dar apoyo en la evaluación del uso de pesticidas por parte de los agricultores de la Zona 3, con el objeto de evitar el uso excesivo del mismo que pudiese generar riesgos de contaminación al acuífero.

**Tabla 38.** Actividades Prohibidas, permitidas y restringidas en la Zona 3: Zona alrededor de la captación de agua que será utilizada como agua potable para la ciudad de Riobamba.

Tipo de actividad	Actividades	Zona 3	Observaciones
GANADERÍA	Ganadería a las riberas del río	Prohibido	
AGRICULTURA	Aplicación de abono sólido o líquido	Permitido	Requiere de participación en talleres de capacitación de agricultura orgánica
	Aplicación de pesticidas	Restringido	Requiere evaluación con el objeto de determinar si sus procesos no representan un peligro para la calidad del agua
USO DE SUELO	Cambio de uso de suelo sin permiso	Permitido	
	Tenencia o crianza de animales domésticos	Permitido	
	Construir o incrementar construcciones o alcantarillado	Permitido	
	Tenencia o crianza de animales domésticos	Permitido	
	Rellenos o excavaciones	Restringido	Requiere evaluación con el objeto de determinar si sus procesos no representan un peligro para la calidad del agua
	Tala de árboles	Permitido	

#### Zona 4: Zona de Quebradas

La Zona 4 corresponde a la zona de quebradas. Esta zona comprende las quebradas, las cuales incluyen un borde de protección 20 m a cada lado de la quebrada.

**Tabla 39.** Actividades prohibidas, restringidas y permitidas en la Zona 4: Zona de Quebradas.

Tipo de actividad	Actividades	Zona 4	Observaciones
GANADERÍA	Ganadería a las riberas del río	Prohibido	
AGRICULTURA	Aplicación de abono sólido o líquido	Restringido	Requiere control de dosificación y frecuencia de aplicación
	Aplicación de pesticidas	Prohibido	
USO DE SUELO	Cambio de uso de suelo sin permiso	Restringido	Requiere de evaluación para determinar si la actividad no representa un peligro para la calidad del agua subterránea
	Rellenos o excavaciones	Prohibido	Posible peligro por desestabilización del suelo
	Perforaciones	Prohibido	
	Tala de árboles	Restringido	Requiere de evaluación para determinar si la actividad no representa un peligro para la calidad del agua

TRANSPORTE / CARRETERAS (VÍAS O CAMINOS)	Construcción de vías	Prohibido	
--	----------------------	-----------	--

### **Actividades del Plan de Protección**

A continuación, se presenta las actividades del Plan de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba.

### **Aspectos Generales**

En base al análisis de la calidad del agua y el uso del suelo de la zona de provisión de agua potable de la ciudad de Riobamba, se propone las siguientes actividades del **Plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba**, cuyo objetivo fundamental es: **“contribuir a la conservación de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba”**.

Los principios en los cuales se ha basado las actividades propuestas son:

- Identificación y priorización de las principales amenazas que afectan a las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba.
- Creación de incentivos que fomenten la participación de la población urbana y rural en la conservación de los recursos hídricos;
- Creación de mecanismos de compensación para promover la conservación o restauración de las áreas degradadas en las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba.
- Creación de programas que promuevan el involucramiento, la educación, capacitación y apoyo a las comunidades locales en las zonas de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba.
- Generación de estrategias para la implementación de zonas de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba.

Metodológicamente, la preparación de estas actividades se basó en la elaboración de un modelo conceptual, a partir de la metodología propuesta por la “Wildlife Conservation Society (WCS)”

(Wildlife Conservation Society (WCS), 2004). Esta metodología pretende la definición de metas y objetivos a largo plazo, y la identificación de amenazas u oportunidades que influyan sobre la probabilidad de alcanzar los objetivos propuestos en el modelo. A partir de la identificación de esas amenazas u oportunidades, la actividad propuestas en este plan surgen como las intervenciones más factibles que, dentro de las limitaciones del sistema, nos permitirán mitigar o cambiar las amenazas y, como consecuencia de ello, avanzar hacia la consecución de los objetivos y la meta propuestos por el modelo de la WCS (Wildlife Conservation Society (WCS), 2004).

El resultado de este ejercicio son las actividades del **Plan de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba** que, para su potencial implementación, debe ser socializado y discutido con todos los actores que tienen intereses, derechos u obligaciones en el área de estudio. Para cada intervención se ha incluido un presupuesto referencial que no debe ser tomado con una cifra fija, sino solamente como un estimado de costos aproximados que requieren ser revisados y adaptados a las realidades locales. Más aun, se debe tomar en cuenta que en este Plan de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba, se incluyó un presupuesto individual para cada intervención. Sin embargo, estas intervenciones son pensadas como actividades relacionadas que persiguen y tratan de apoyar los mismos objetivos, por lo cual la implementación conjunta de algunas de estas intervenciones sin duda resultaría en costos significativamente menores a los propuestos ya que varios rubros se solaparían.

### **Descripción de las actividades del plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba**

Para alcanzar la meta de contribuir a la conservación de las microcuencas Maguazo y Bocatoma se han definido los siguientes objetivos:

- Objetivo 1: Recuperar en un 50% la extensión de remanentes de vegetación natural en la zona de protección (Zona 1 y Zona 2)
- Objetivo 2. Reducir en un 50% la ubicación de ganado en la zona 1, 2 y 3.
- Objetivo 3. Expandir en un 30% la cobertura de vegetación natural, especialmente en las quebradas y en la zona de protección en los páramos
- Objetivo 4. Incrementar la eficiencia del uso del agua en la ciudad de Riobamba.

## **Objetivo 1: Recuperar en un 50% la extensión de remanentes de vegetación natural en la zona de protección (zona 1 y zona 2)**

Una de las principales amenazas que se identificaron en la zona de estudio durante la fase de diagnóstico es la abundancia de ganadería, agricultura y poblados, en esta zona que implica un alto riesgo de contaminación que podría afectar directamente a las fuentes agua y a la calidad del agua que proveen. Desde esta perspectiva, es de suma importancia el promover la restauración o recuperación de la vegetación nativa en la zona de protección máxima Zona 1 y en la Zona 2.

Los principales obstáculos para lograr este objetivo son:

La ausencia de un plan de recuperación de vegetación natural en la zona de protección que guíe un proceso activo de restauración en la zona.

El hecho de que una proporción de la tierra en esta área de protección pertenece a las comunidades de la zona.

En este contexto, se proponen las siguientes intervenciones:

### **Intervención 1.1**

Implementar un programa de restauración ecológica en la zona de protección máxima Zona 1 y en la Zona 2 de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba.

### **Programa de restauración ecológica en las zonas de máxima protección Zona 1 y Zona 2**

Duración: al menos tres años o hasta lograr el establecimiento de las plantas nativas y la formación de una cobertura adecuada del suelo.

El programa de restauración ecológica incluye las siguientes actividades:

Selección de especies vegetales nativas incluidas en la siguiente lista de acuerdo a disponibilidad, para la recuperación ecológica de las zonas de protección: Zona 1 y Zona 2.

Algunas de las especies nativas que se recomiendan para iniciar la fase de restauración son:

- Chilcas (*Baccharis latifolia*)
- CAchupallas (*Puya* spp.)
- Calceolarias (*Calceolaria* sp)
- Chocho silvestre (*Lupinus* sp.)
- Igüilán (*Monina* sp.)

- Ñagchi (*Bidens triplinervia*)

Si bien algunas de estas especies son típicas de ambientes alterados (e.g. *Lupinus* y *Bidens*), su importancia radica en que tienen altas tasas de crecimiento y ayudan a enriquecer el suelo. De esta manera, estas especies pueden ayudar a recuperar las condiciones del suelo que posteriormente podrían permitir la colonización por otras especies vegetales.

- Propiciar acuerdos con los propietarios de las zonas de las zonas aledañas a las fuentes con el objeto de implementar la restauración ecológica.
- Obtención de plántulas
- Remoción selectiva de los pastos y vegetación exótica presente en la zona de protección (Zona 1 y Zona 2), como: plantaciones de agrícolas, plantaciones forestales de pino, eucalipto u otras especies exóticas.
- Sembrado de plántulas
- Seguimiento, cuidado y reposición de plantas.

Una de las principales limitaciones para la protección de la Zona 2 está determinada por el hecho de que la zona de estudio es mayoritariamente propiedad privada. Esto reduce la posibilidad de promover usos que sean más compatibles con la naturaleza de esta área estratégica. Al mismo tiempo, esta situación es fuente de conflictos con la gente local que se siente marginada y amenazada por la utilización del agua de las fuentes de agua. Desde este punto de vista esta intervención pretende promover el involucramiento de las comunidades locales.

Identificar oportunidades de trabajo relacionadas con la protección de las zonas de restauración ecológica que puedan ser desempeñadas por habitantes de los alrededores de las fuentes, con el fin de involucrarlos y hacerlos partícipes de los beneficios del sistema de aprovisionamiento de agua potable. En el contexto de la implementación de la zona de restauración ecológica se podría crear oportunidades de trabajo para al menos 8 personas, como se indica a continuación:

- Dos “guarda parques” para la protección y cuidado del área de estudio
- Cuatro personas adicionales para las cuadrillas de restauración ecológica y mantenimiento de las nuevas zonas de restauración ecológica dentro de la Zona B (limpieza, desbroce, remoción de plantas introducidas, sembrado, etc.)
- Un Ingeniero Agrónomo con experiencia en restauración ecológica y agricultura orgánica, quien estará a cargo del proceso de implementación de esta intervención en



las nuevas zonas de restauración ecológica.

- Un biólogo con experiencia en monitoreo y restauración de la calidad ecológica. Este profesional debe coordinar sus actividades con el Ingeniero Agrónomo.

La implementación de esta intervención requiere de la coordinación con el Municipio de Riobamba y/u otras autoridades competentes.

Organizar talleres de capacitación sobre la importancia de la conservación ecológica de las zonas de protección

Se desarrollarán tres talleres de un día de duración que abordarán la temática indicada en la siguiente tabla, uno cada año durante un período de tres años.

**Tabla 40.** Taller: Conservación Ecológica de las zonas de protección.

<b>8:00 – 8:15</b>	<b>Bienvenida</b>
<b>8:15 – 10:30</b>	Conservación ecológica
	Ecología
	Importancia de la conservación
	Especies de importancia
	Quebradas y páramos
<b>10:30 – 11:00</b>	<b>Receso</b>
<b>11:00 – 12:30</b>	Zonas de protección
	Zonas 1, 2, 3 y 4
	Actividades prohibidas
	Actividades restringidas
	Actividades permitidas
<b>12:30 – 13:30</b>	<b>Almuerzo</b>
<b>13:30 – 15:00</b>	Protección y monitoreo de zonas
	Guarda parques
	Monitoreo ecológico
	Restauración ecológica
	Conservación de biodiversidad
	Índices ecológicos

**Tabla 41.** Costo referencial para la intervención 1.1 para una duración de tres años.

<b>Ítem</b>	<b>Costo aproximado (USD)</b>
Ingeniero Agrónomo	43200
Biólogo	43200
Mano de obra (4 personas)	86400
Plántulas	6000
Materiales e insumos	6000
Talleres de capacitación	3000
Total	187800

Se considera una remuneración mensual de 1200 USD / mes tanto para el ingeniero agrónomo

como para el biólogo.

Se considera una remuneración mensual de 600 USD / mes tanto para los obreros.

Incluye materiales palas, azadones, machetes, carretillas, etc. necesarios para la implementación de la restauración ecológica.

### **Intervención 1.2**

Crear un sistema de incentivos y participación para que los pobladores de la Zona B se desliguen de la actividad agrícola tradicional y les ofrezca una alternativa sustentable, a continuación, se describen las actividades para la implementación de la Intervención 1.2:

Vinculada a la Intervención 1.2, una de las actividades sería la contratación de mano de obra local permanente para todas las actividades de restauración, conservación y monitoreo del área de protección Zona 2.

Generar incentivos económicos para el desarrollo de proyectos productivos sustentables que podrían contribuir de una manera sostenible a la economía de las familias asentadas en la Zona 2. Algunas de estas alternativas podrían ser:

- La producción de artesanías y
- La vinculación de las familias locales a iniciativas de turismo comunitario.

Se financiarán mediante estos incentivos hasta 6 proyectos no agrícolas: 3 proyectos en producción y comercialización de artesanías y 3 proyectos de turismo comunitario. Cada proyecto se financiará hasta un monto máximo de 5000 USD. Todos los proyectos deben demostrar la participación de las familias asentadas en la Zona 2, viabilidad económica y un aporte de mínimo el 50% de recursos propios.

Vinculada a la Intervención 1.2, se podría establecer una cooperativa de agricultura orgánica y comercialización que podría encargarse del incentivo económico para la generación de proyectos alternativos sostenibles puede financiarse por parte del GAD municipal de Riobamba.

La EP-EMAPAR apoyará el establecimiento de esta cooperativa mediante el aporte de recursos económicos para la construcción de un **Centro de Distribución y Mercadeo de Productos Agrícolas Orgánicos**.

El financiamiento por parte de EP-EMAPAR para construcción del centro se hará a través de

una Cooperativa de Productos Orgánicos, cuyos miembros deben ser agricultores de la Zona 2. La cooperativa debe demostrar la tenencia de la tierra, los planos y permisos para la construcción, así como la viabilidad económica con un aporte propio mínimo del 50% del costo total de la implementación del centro.

## **Objetivo 2. Reducir en un 50% la ubicación de ganado en la zona 1, 2 y 3**

Este objetivo se puede alcanzar reduciendo los siguientes niveles de contaminación:

- Concentración de materia orgánica (DQO),
- Presencia de coliformes fecales.

Los principales obstáculos para alcanzar este objetivo son los siguientes:

- Las fuentes de contaminación de aguas están dispersas.
- Existe presencia de coliformes fecales de origen animal.
- No existen sistemas de tratamiento de aguas residuales por lo que se realizan descargas directas al río.
- No existen programas de capacitación para la comunidad acerca de la contaminación del agua y la importancia de conservar la calidad el agua.

Para la consecución de este objetivo se han desarrollado las siguientes intervenciones:

- Intervención 2.1. Mejoramiento de la calidad del agua superficial
- Intervención 2.2 Implementar talleres de capacitación y un programa de incentivos para la producción de cultivos orgánicos en la zona de protección (Zona 2) de microcuencas Maguazo y Bocatoma.

### **Intervención 2.1**

#### **Mejoramiento de la Calidad del Agua Superficial**

Las actividades previstas para la implementación de esta intervención se detallan a continuación:

Monitoreo de la calidad del agua superficial en las Zonas 1, 2, 3 y 4.

Las actividades del Monitoreo de la calidad del agua las realizara el laboratorio de calidad del agua de EP-EMAPAR.

La siguiente tabla indica los parámetros a medirse y la frecuencia de la medición del monitoreo

de la calidad del agua de las microcuencas Maguazo y Bocatoma.

**Tabla 42.** Parámetros del monitoreo de la calidad del agua de las microcuencas Maguazo y Bocatoma.

Puntos de Muestreo	Parámetros a muestrear	Frecuencia de monitoreo
PM1, PM2, PM3, PM4	pH, conductividad, turbiedad, oxígeno disuelto, coliformes fecales, DBO5, nitratos, sulfatos, solidos totales disueltos	1 muestreo mensual
PA1, PA2, PA3, PA4	pH, conductividad, turbiedad, oxígeno disuelto, coliformes fecales, DBO5, nitratos, sulfatos, solidos totales disueltos	1 muestreo mensual

Talleres capacitación y apoyo a las comunidades sobre la contaminación del agua y las alternativas disponibles para reducir la carga contaminante.

Este programa educará a las comunidades de las Zonas 1, 2 y 3 para generar conciencia sobre la importancia de preservar la calidad del agua y los problemas de su contaminación, sistemas de tratamiento de aguas residuales y alternativas para disminuir la carga contaminante de agua residual doméstica

Se desarrollarán tres talleres de un día de duración que abordarán la temática indicada arriba, uno cada año durante un período de tres años. Un cronograma tentativo de estos talleres se indica en el siguiente esquema:

**Tabla 43.** Taller: Contaminación del agua y tratamiento de agua residual.

<b>8:00 – 8:15</b>	<b>Bienvenida</b>
<b>8:15 – 10:30</b>	La importancia del agua
	Ciclo del agua
	Distribución del agua en el planeta
	Usos del Agua
	Contaminación del agua
<b>10:30 – 11:00</b>	<b>Receso</b>
<b>11:00 – 12:30</b>	Parámetros de calidad del agua
	Parámetros físicos
	Parámetros químicos
	Parámetros microbiológicos
<b>12:30 – 13:30</b>	<b>Almuerzo</b>
<b>13:30 – 15:00</b>	Tratamiento del agua residual
	Prevención de la contaminación

### **Objetivo 3. Expandir al menos en un 30% la cobertura vegetal natural en las quebradas y en los páramos**

Los principales obstáculos para lograr este objetivo son:

- No existen incentivos para la conservación y restauración de quebradas

- Aún existe desconocimiento de los impactos de la destrucción de páramos por quema y actividades agrícolas y ganaderas.

Para cumplir este objetivo se han planteado las siguientes intervenciones:

- Restauración de la vegetación nativa a lo largo de las quebradas (Zona de protección de quebradas)
- Implementar un programa de educación ambiental y cooperación para las comunidades localizadas en la zona de protección (Zona 1, Zona 2, Zona3, Zona de quebradas).

### **Intervención 3.1**

Se incluye las siguientes actividades:

- Realización de un taller con los actores sobre determinación de causas del uso no apropiado del suelo en las zonas de páramo (quema de páramo, uso agrícola o ganadero)
- Alternativas de manejo
- Búsqueda de los mecanismos para el establecimiento de manejo adecuado del páramo
- Caracterización detallada de la flora y fauna y definición de las zonas frágiles o de importancia ecológica
- Involucramiento de las comunidades locales en la protección de los páramos.

**Tabla 44.** Costo referencial para la intervención para una duración de tres años.

<b>Ítem</b>	<b>Costo aproximado (USD)</b>
Un taller para involucrar a comunidades en la protección de páramos	1000
Gestionar con las autoridades	500
Total	1500

\*Estos costos se daría por una sola vez y en caso que así lo requiera.

\*\*Esta actividad requiere de la coordinación con las autoridades competentes.

### **Intervención 3.2**

Restauración de la vegetación nativa a lo largo de las quebradas en la zona.

Los cursos de agua o quebradas son esenciales para todos los procesos de irrigación, consumo doméstico y mantenimiento de la integridad ecológica. Por otra parte, estos cursos de agua o quebradas albergan la mayoría de los pocos remanentes de vegetación nativa que quedan en la

zona de estudio. Por lo tanto, estas quebradas constituyen una oportunidad para incrementar la representación de vegetación nativa en la zona de protección y para potenciar la captación y regulación de agua, así como también para restaurar la biodiversidad de la zona de estudio.

Las actividades propuestas para esta intervención son:

- Evaluar la normativa nacional sobre la protección de cursos de agua o quebradas y su cumplimiento en la zona de estudio (Zona de protección de quebradas)
- Realización de un taller para involucrar a comunidades y organizaciones locales en proyectos de restauración y protección de los cursos de agua o quebradas

El taller tiene por objetivo comprometer la participación de las comunidades y llegar a acuerdos para el manejo ambientalmente adecuado de las quebradas a proteger.

El taller tendrá un día de duración y puede abordar la temática indicada en la siguiente tabla.

**Tabla 45.** Taller: Conservación de Quebradas en la Zona.

<b>8:00 – 8:15</b>	<b>Bienvenida</b>
<b>8:15 – 10:30</b>	Conservación ecológica de quebradas
	Ecología en quebradas
	Importancia de la conservación de quebradas
	Especies de importancia
	Amenazas ambientales
<b>10:30 – 11:00</b>	<b>Receso</b>
<b>11:00 – 12:30</b>	Zonas de protección de quebradas
	Zonas de protección de quebradas
	Actividades prohibidas
	Actividades restringidas
	Actividades permitidas
<b>12:30 – 13:30</b>	<b>Almuerzo</b>
<b>13:30 – 15:00</b>	Protección y monitoreo de quebradas
	Guarda parques
	Monitoreo ecológico de quebradas
	Restauración ecológica de quebradas
	Conservación de biodiversidad
	Índices ecológicos en quebradas

Crear un programa de incentivos económicos para la protección de quebradas y fuentes de agua.

La generación de incentivos económicos incluye el fomento de proyectos de recuperación y conservación de quebradas. Algunas de estos proyectos podrían tener las siguientes temáticas:

- Limpieza y recolección de residuos sólidos de las quebradas
- Recuperación lógica de páramos y/o quebradas mediante el cultivo de especies nativas

Algunas de las especies nativas que podrían considerarse para esta actividad son en zonas por debajo de los 3500 msnm:

- Achupallas (*Puya* spp.)
- Calceolarias (*Calceolaria* sp)
- Chocho silvestre (*Lupinus* sp.)
- Igüilán (*Monina* sp.)
- Ñagchi (*Bidens triplinervia*)
- Chilcas (*Baccharis latifolia*)

Especies nativas a considerarse para esta actividad son en zonas sobre los 3500 msnm podrían ser:

**Tabla 46.** Especies nativas para las zonas sobre los 3500 msnm.

<b>Especie</b>	<b>Forma de vida</b>	<b>Nombre común</b>
<i>Calceolaria</i>	Hierba	Zapatitos
<i>Valeriana</i>	Sub-arbusto	Valeriana
<i>Lupinus</i>	Sub-arbusto	Ashpa chocho
<i>Hypericum laricifolium</i>	Arbusto	Romerillo
<i>Monina</i>	Arbusto	Igüilán
<i>Bidens andicola</i>	Hierba	Ñagchi
<i>Cortaderia</i>	Hierba	Sigse
<i>Cerastium</i>	Hierba	Alverjilla
<i>Calamagrostis</i>	Pajonal	Pajonal
<i>Gynoxis</i>	Árbol	Yurifanga
<i>Rumex</i>	Hierba	Puca yuyo
<i>Senecio</i>	Hierba	Arquitectura
<i>Oreopanax</i>	Árbol	Pumamaqui
<i>Polylepis reticulata</i>	Árbol	Yagual

El sistema de incentivos económicos consiste en el apoyo económico para los habitantes dentro de la Zona Quebradas.

Los proyectos presentados deben demostrar por lo menos:

- Participación de habitantes de la Zona.
- Sostenibilidad de la protección de las quebradas con el tiempo.

En la siguiente tabla se indica la valoración económica de esta intervención:

**Tabla 47.** Costo referencial para la intervención 3.2 para una duración de tres años.

Ítem	Costo aproximado (USD)
Asesoría Legal*	2000
Un taller para involucrar a comunidades en la protección de quebradas**	1000
Programa de incentivos económicos para la protección de quebradas	18000
Total	21000

\* Estos costos se darían por una sola vez y en caso que así lo requiera.

#### **Objetivo 4. Incrementar la eficiencia del uso del agua en la ciudad de Riobamba**

El incremento de la eficiencia del uso del agua en la ciudad de Riobamba repercute positivamente sobre las fuentes y evita mayores presiones sobre las mismas. En relación a este objetivo se ha identificado dos amenazas:

- La ciudadanía tiene poca conciencia sobre la importancia del agua y su naturaleza limitada.
- No existen fuentes alternativas de agua para usos que no requieren potabilización.

Las intervenciones identificadas para consecución de este objetivo son:

- Intervención 4.1 Implementar un programa de educación ambiental y estímulos para fomentar el conocimiento y uso moderado de los recursos hídricos en la ciudad de Riobamba.

A continuación, se describen las intervenciones propuestas:

##### **Intervención 4.1**

Implementar un programa de educación ambiental y estímulos para fomentar el conocimiento y uso moderado de los recursos hídricos en la ciudad de Riobamba

De forma coordinada con las intervenciones descritas previamente, esta actividad pretende generar concienciación ambiental sobre la importancia del agua y las buenas prácticas que los ciudadanos pueden implementar para optimizar la utilización de este recurso. Esta iniciativa ya tiene antecedentes en los programas implementados por EP-EMAPAR por lo cual aquí sugerimos solamente su fortalecimiento a largo plazo, con dos componentes adicionales relacionados con:



Cimentar entre la población la idea del agua como un recurso finito que debe ser protegido, y la estrecha vinculación de la ciudad con las zonas de recarga de agua en los páramos y montañas aledaños.

Esta intervención incluye una actividad que se indica a continuación:

Realización de dos talleres para estudiantes de colegios de la ciudad de Riobamba con el objeto fomentar el uso racional de los recursos hídricos

Los talleres tendrán un día de duración y pueden abordar la temática indicada en la siguiente tabla.

**Tabla 48.** Taller: Uso racional de recursos hídricos.

<b>8:00 – 8:15</b>	<b>Bienvenida</b>
<b>8:15 – 10:30</b>	Conservación de recursos hídricos
	Ciclo del agua
	Importancia de la conservación
<b>8:15 – 10:30</b>	Uso del agua
	Agua potable
<b>10:30 – 11:00</b>	<b>Receso</b>
<b>11:00 – 12:30</b>	Contaminación del agua
	Características del agua
	Contaminantes del agua
	Agua residual
	Tratamiento del agua residual
<b>12:30 – 13:30</b>	<b>Almuerzo</b>
<b>13:30 – 15:00</b>	Cosecha del agua lluvia
	Características del agua lluvia
	Usos de agua lluvia
	Colectores de agua lluvia
	Almacenamiento de agua lluvia
	Sistemas de uso de agua lluvia

La siguiente tabla indica la valoración económica de esta intervención:

**Tabla 49.** Costo referencial para la intervención 4.1 para una duración de tres años.

<b>Ítem</b>	<b>Costo aproximado (USD)</b>
Dos talleres para promover la cosecha de lluvia	2000
Total	2000

## **PROGRAMAS DEL PLAN**

Como resultado de este modelo conceptual se identifica la necesidad que dentro del Plan de Protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba, se creen los siguientes Programas que agruparán a todas

las intervenciones descritas previamente:

### **Programa de involucramiento y fomento a las familias y comunidades locales ubicadas en las zonas de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma**

Este Programa es indispensable para posibilitar la conservación de las microcuencas Maguazo y Bocatoma ya que está orientado a involucrar y hacer partícipes a las comunidades locales como actores de la implementación y ejecución del plan de protección de las fuentes de agua. Así mismo, este programa fomentará la implementación de proyectos sustentables mediante la generación de incentivos económicos.

### **Programa de educación, capacitación y apoyo a las familias y comunidades locales ubicadas en las zonas de protección de las microcuencas**

Este Programa es indispensable ya que además de educar, capacitar y apoyar a las comunidades locales en los diferentes temas de conservación y protección de las fuentes de agua subterránea, les brindará las herramientas necesarias para involucrarse como actores estratégicos que se pueden beneficiar ampliamente de la implementación y ejecución del Plan de protección de las microcuencas Maguazo y Bocatoma. Los principales temas que abordará este Programa son los siguientes:

- Adopción de buenas prácticas de uso de agua
- Adopción de buenas prácticas de manejo y disposición de residuos sólidos
- Adopción de buenas prácticas de manejo y disposición de aguas residuales
- Educación ambiental y conservación

El programa está compuesto de las intervenciones que incluyan la realización de talleres para la comunidad, así como de aquellos en que se capacite o eduque a personal para la implementación del plan.

### **Programa de restauración y conservación de las microcuencas Maguazo y Bocatoma**

Este Programa es de suma importancia para preservar y conservar la integridad ecológica de las microcuencas Maguazo y Bocatoma, incluye las intervenciones planeadas para restaurar ecológicamente y conservar zonas de protección, así como requiere de la supervisión técnica de los proyectos sustentables fomentados por el plan de protección.

## 10.2. ANEXO 2. Registro fotográfico del proceso investigativo.

Tabla 50. Registro fotográfico del proceso investigativo

 <p>Georreferenciación en el Río Maguazo</p>	 <p>Unión de los ríos Alao y Maguazo</p>
 <p>Piscicultura</p>	 <p>Georreferenciación en el Río Alao</p>
 <p>Zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay</p>	 <p>Lavado de ropa</p>
 <p>Georreferenciación con apoyo técnico del MAE</p>	 <p>Georreferenciación con apoyo técnico de la EP-EMAPAR</p>



Identificación de impactos del sector de Maguazo



Identificación de impactos del sector de Alao



Encuesta a pobladores de Alao Llactapamba



Encuesta a pobladores – río Maguazo



Encuesta a pobladores de San Antonio de Alao



Encuesta a pobladores de los alrededores del río Maguazo



Extracción minera



Redirección del cauce para extracción minera



Toma de muestras ICA NSF – PM1



Toma de muestras de macroinvertebrados – PM1



Utilización del multiparámetro – PA1



Reconocimiento de macroinvertebrados in-situ  
– PM4



Toma de muestras ICA NSF – PM2



Recolección de macroinvertebrados – PA3



Muestreo – PM1



Ganado ovino



Agricultura



Derrumbe en la vía principal



Turbidez



Coliformes fecales



DBO5



Análisis de parámetros ICA en el laboratorio de la EP-EMAPAR



Equipo para determinar fosfatos y nitratos



Reconocimiento de macroinvertebrados ex - situ



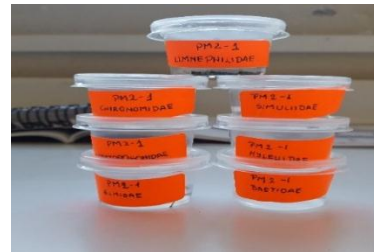
Identificación de macroinvertebrados con el estereoscopio



Lavado de muestra de macroinvertebrados



Limnephilidae








Separación y etiquetado de macroinvertebrados



**10.3. ANEXO 3. Macroinvertebrados encontrados durante los monitoreos en las microcuencas Maguazo y Bocatoma.**

**Tabla 51.** Macroinvertebrados encontrados en las microcuencas Maguazo y Bocatoma

 <p>Baetidae</p>	 <p>Leptoceridae</p>
 <p>Limnephilidae</p>	 <p>Hydrobiosidae</p>
 <p>Simuliidae</p>	 <p>Limoniidae</p>
 <p>Empididae</p>	 <p>Tipulidae</p>
 <p>Ceratopogonidae</p>	 <p>Chironomidae</p>





Scirtidae



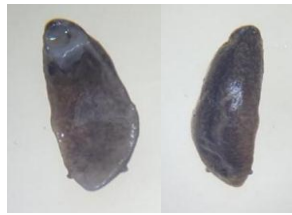
Elmidae



Hyalellidae



Hydracarina



Planaridae



Haplitaxida



Collembola









Gripterygidae















Psychodidae







#### 10.4. ANEXO 4. Materiales y equipos utilizados para la toma de muestras y análisis de laboratorio.






Tabla 52. Materiales y equipos utilizados en el proceso investigativo.







MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS IN SITU.			
1	Multiparámetro HACH.	Utilizado para medir in situ los parámetros: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, oxígeno disuelto, temperatura del agua.	
2	Piseta.	Utilizado para lavar los electrodos del multiparámetro.	
3	Cinta métrica atada a estaca.	Utilizado para medir la profundidad en la toma de caudales.	
4	Flexómetro.	Utilizado para medir la distancia en la toma de caudales.	
5	Red tipo D.	Utilizado para la toma de muestras de macroinvertebrados.	
6	Envases de boquilla ancha de 2 litros.	Utilizado para guardar las muestras de macroinvertebrados.	








7	Envases de boquilla ancha pequeño.	Utilizado para guardar los macroinvertebrados encontrados in situ.	
8	Bandeja blanca.	Utilizada para buscar macroinvertebrados in situ.	
9	Pinzas.	Utilizado para buscar macroinvertebrados in situ.	
10	Envase de 1 litro.	Utilizado para tomar las muestras de agua para análisis físico – químicos.	
11	Frasco de orina.	Utilizado para tomar muestras de agua para análisis microbiológicos.	
12	Cooler.	Utilizado para la conservación de muestras de agua.	

13	Termómetro ambiental.	Utilizado para tomar la temperatura ambiente.	
14	Alcohol industrial.	Utilizado para la conservación de muestras de macroinvertebrados encontrados in situ.	
15	Formol.	Utilizado para la conservación de muestras de macroinvertebrados.	
16	Guantes de caucho.	Utilizado para toma de muestras y protección personal.	
17	Botas de agua.		
18	Traje impermeable.		
<b>MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO.</b>			
19	Mandil.	Utilizado para la manipulación de materiales dentro del laboratorio.	

20	Guantes quirúrgicos.		
21	Bandeja blanca	Utilizado para buscar macroinvertebrados en el laboratorio.	
22	Surtidor artesanal	Utilizado para lavar la muestras de macroinvertebrados.	
23	Caja Petri.	Utilizados para colocar los macroinvertebrados encontrados en laboratorio.	
24	Pinzas.	Utilizado para buscar macroinvertebrados en el laboratorio.	
25	Succionador	Utilizado para succionar macroinvertebrados encontrados en el laboratorio.	

26	Macroinvertebrados separados e identificados		
27	Macroinvertebrados Bentónicos de las Microcuencas Jubal, Ozogoché y Zula. Parque Nacional Sangay Ecuador.	Utilizado para identificar los macroinvertebrados encontrados.	
28	Guía de macro invertebrados de Roldán.		
29	Guía de macro invertebrados		
30	Estereoscopio.	Utilizado para observar e identificar los macroinvertebrados encontrados.	
31	Turbidímetro HACH	Utilizado para medir el parámetro Turbiedad.	

32	Equipo HACH DR2800.	Utilizado para medir los parámetros: nitratos y fosfatos.	
33	Celdas.	Utilizados para colocar 10 mL de muestra.	
34	NITRAVER5 Nitrate - Reagent.	Utilizado para medición de nitratos, para muestra de 10 ML.	
35	PHOSVER3 Phosphate - Reagent.	Utilizado para medición de fosfatos, para muestra de 10 mL.	
36	Pera y Pipeta.	Utilizado para medir una cantidad exacta de las muestras de agua.	
37	Probeta		

38	Incubadora.	Utilizado para la medición del parámetro DBO5.	
39	Botella de vidrio de incubación.		
40	Agitador magnético.		
41	Hidróxido de Potasio.		
42	Campana de flujo laminar.	Utilizado para los análisis microbiológicos.	
43	Soporte de filtro con embudo.	Utilizado para colocar la membrana filtrante y la muestra de agua.	
44	Sistema al vacío.	Utilizado para que filtre la muestra de agua.	
45	Membrana filtrante de 0,45 $\mu\text{m}$ de tamaño de poro.	Utilizado en la filtración de la muestra y colocar el medio de cultivo para su posterior análisis de las colonias de coliformes fecales.	



46	Mechero	Utilizado para esterilizar las pinzas.	
47	Cajas Petri.	Utilizado para colocar las membranas filtrantes.	
48	M-endo Broth Ampules.	Utilizado como medio de cultivo.	
49	Mufla.	Utilizado para dejar reposar las muestras microbiológicas durante 24 horas.	

## 10.5. ANEXO 5. Parámetros ICA - NSF

**Coliformes:** Las bacterias coliformes se consideran indicadores de contaminación fecal en aguas. Su ausencia en el agua indica que es bacteriológicamente segura.

**Potencial de Hidrógeno (pH):** Este valor, se calcula como  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . Un pH igual a 7 indica un medio neutro, menor a 7, un medio ácido y por encima de 7 un medio básico. Valores de pH en el agua entre 6 y 9 son los más aptos para el desarrollo de la vida acuática. A valores por debajo de 4 o por encima de 11 se observa mortandad de peces. El pH de las aguas puede variar según los distintos tipos de vertidos que reciban las mismas. El desarrollo de algas en un curso de agua consume  $\text{CO}_2$  y eleva el pH. En el agua dulce, un aumento de la temperatura puede provocar una disminución del pH.

**Demanda biológica de oxígeno:** La materia orgánica presente en un curso de agua es biodegradada por los microorganismos aeróbicos (que trabajan en presencia de oxígeno). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es una técnica usada para establecer los requerimientos de oxígeno necesario para la degradación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua.

**Nitratos en el agua:** El agua con altas concentraciones de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) representa un riesgo para la salud, especialmente en los niños. La acción de la flora estomacal reductora puede transformar los nitratos en nitritos, capaces de convertir a la hemoglobina en metahemoglobina, inhibiéndose el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque este sería un proceso reversible, puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños. Los nitratos también pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas, compuestos de efectos cancerígenos. La presencia de nitratos en un curso de agua puede atribuirse a fuentes naturales como los depósitos geológicos y al contacto con vegetación en descomposición. Sin embargo, una de las fuentes principales de nitratos en el agua son los fertilizantes.

**Fosfatos en el agua:** Los fosfatos en el agua provienen de: fertilizantes, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza. Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, produciéndose la eutrofización.

**Temperatura:** En el procesamiento se utilizó el siguiente concepto: Una modificación de la temperatura media de un curso de agua afecta a los peces y a las algas que habitan en ellas. El uso del agua para la refrigeración de centrales termoeléctricas genera contaminación térmica.

También el vertido de efluentes de actividades industriales puede afectar la temperatura media de los cursos de agua. Como vimos más arriba la modificación de la temperatura afecta la concentración del oxígeno y el pH, entre otros valores. Un aumento de la temperatura tendrá también influencia en la cinética de todos los procesos fisicoquímicos y biológicos que en ella ocurren.

$$Q \text{ value} = T^{\circ} \text{ ambiente} - T^{\circ} \text{ de referencia para esa estación}$$

La temperatura de referencia para cada estación se obtuvo a través del procesamiento estadístico- descriptivo. En cada estación se generaron dos muestras: temperaturas del otoño-invierno observadas y temperaturas de primavera-verano observadas. De acuerdo al coeficiente de variabilidad, se utilizó la temperatura promedio o la mediana como temperatura de referencia en cada punto de medición para cada estación del año.

**Turbidez del agua:** Se denomina así a la falta de transparencia del agua debido a la presencia de material en suspensión. Este material puede ser de distintos orígenes: plancton o fitoplancton, sedimentos erosivos, suspensión de partículas del fondo o descarga de efluentes. Se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) con el turbidímetro o nefelómetro que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

**Sólidos disueltos totales:** Los sólidos totales disueltos en el agua son los residuos sólidos filtrables a través de una membrana con poros de 2.0  $\mu\text{m}$  o menor. Su presencia en el agua puede afectar seriamente su palatabilidad y provocar reacciones fisiológicas adversas en el consumidor. Por esta razón su límite se establece en 500 ppm (mg/ L).

Se calcula a partir de la conductividad del agua. Los sólidos disueltos pueden provenir de distintos vertidos, por disolución del lecho rocoso, por percolación de suelos, etc.

**Oxígeno disuelto en el agua:** Su concentración depende de la difusión en el agua del aire del entorno, la aireación del agua debida a saltos o agitación, y como subproducto de la fotosíntesis. Su concentración también varía con la temperatura, disminuyendo a medida que esta aumenta.

La súper población bacteriana disminuye el oxígeno disuelto, lo mismo que la eutrofización de los cursos de agua. Se estima que el mínimo de oxígeno disuelto para una diversa población de peces ronda las 5 ppm. El valor óptimo en las buenas aguas de pesca es de 9 ppm. Un exceso de gases disueltos también es nocivo para los peces (enfermedad de la burbuja de gas). Un valor menor a 3 ppm puede ser letal para la fauna ictícola. El oxígeno afecta a otros indicadores,

no solo los bioquímicos, sino también estéticos como el olor, claridad del agua y sabor. Los niveles altos de oxígeno disuelto aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua.

### Cálculo e interpretación del ICA

Uno de los mecanismos más usados para obtener el valor del índice (ICA Brown) es mediante una suma lineal ponderada, donde  $Q_i$  es el valor obtenido para cada parámetro y  $w_i$  el peso específico del parámetro, como muestra la Ecuación 1.

$$ICA = \sum (Q_i * w_i)$$

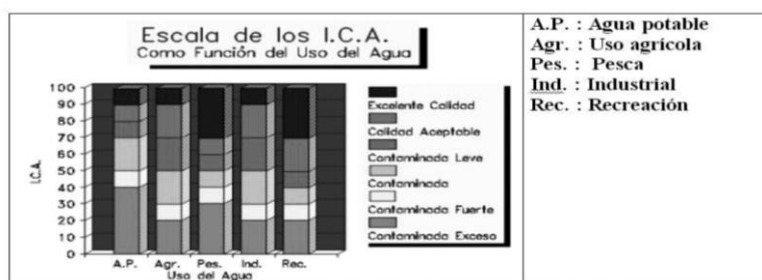
El  $Q_i$  de los distintos parámetros se obtiene a partir del valor del análisis realizado en laboratorio para cada parámetro, fórmulas (Tabla 3):

**Tabla 53.** Ecuaciones para cálculo de  $Q_i$  (Brown, 1970).

Coliformes fecales	$10^1 \leq X \leq 10^5$	$Q = 3.3839 \cdot (\log X)^2 - 35.991 \cdot (\log X) + 98,375$	$W_1 = 0,15$
	$X > 10^5$	$Q = 3$	
pH	$X < 2$	$Q = 2$	$W_2 = 0,12$
	$2 \leq X < 7$	$Q = 0.4565 * e^{0.7706X}$	
	$7 \leq X < 8$	$Q = -2X^2 + 29,2 X - 15,4$	
	$8 \leq X \leq 12$	$Q = 5.1786 X^2 - 123.58X + 7400.14$	
	$X > 12$	$Q = 3$	
DBO 5	$X > 30$	$Q = 2$	$W_3 = 0,1$
	$X \leq 30$	$Q = 94.941 * e^{-0.1041X}$	
Nitrógeno Total	$X > 100$	$Q = 1$	$W_4 = 0,1$
	$X \leq 100$	$Q = 92.657 * e^{-0.0446X}$	
Fosfato	$X > 10$	$Q = 5$	$W_5 = 0,1$
	$X \leq 10$	$Q = -0.0222 X^5 + 0.6338X^4 - 6.7901X^3 + 34.054^2 - 82.617 X + 96.662$	
	$X < -5$	$Q = \text{Indefinido}$	
Temperatura	$-5 \leq X < 0$	$Q = -0.4 X^2 + 6.6X + 93$	$W_6 = 0,10$
	$0 \leq X < 15$	$Q = 0.4114X^2 - 11.714X + 94.143$	
	$X \geq 15$	$Q = 9$	
Turbidez	$X > 100$	$Q = 5$	$W_7 = 0,08$

	$X \leq 100$	$Q = 89.367 * e^{-0.0167X}$	
Sólidos Totales.	$0 < X \leq 50$	$Q = -0.0022X^2 + 0.2793X + 79.994$	$W_8 = 0,08$
	$50 < X \leq 500$	$Q = 2.E^{07} X^3 - 0.0003 X^2 - 0.035 X + 90.589$	
	$X > 500$	$Q = 32$	
Oxígeno Disuelto	$\% \text{ Sat} \leq 500$	$Q = -2E^{06} X^4 + 0.0003 X^3 - 0.0047 X^2 + 0.5114 X + 2.0516$	$W_9 = 0,17$
	$100 < \% \text{ Sat} \leq 140$	$Q = -0.0036X^2 + 0.3071X + 7104.89$	
		$Q = 47$	

La siguiente escala: de colores (Figura 15) y numérica (Tabla 54), permiten la interpretación de los resultados de ICA obtenidos, los cuales oscilan entre 0 y 100:



**Figura 15.** Escala de interpretación de resultados por colores (Vizcaíno, 2009).

**Tabla 54.** Usos del agua según el valor numérico del ICA calculado (Vizcaíno, 2009).

<p><b><u>Uso como agua potable:</u></b>  90-100 No requiere purificación para consumo.  80-90: Purificación menor requerida.  70-80: Dudoso su consumo sin purificación  50-70: Tratamiento potabilizador necesario.  40-50: Dudosa para consumo  0-40: Inaceptable para consumo</p>
<p><b><u>Uso en agricultura</u></b>  90-100: No requiere purificación para riego.  70-90: Purificación menor para cultivos que requieren de alta calidad de agua.  50-70: Utilizable en mayoría de cultivos.  30-50: Tratamiento requerido para la mayoría de cultivos.  20-30: Uso solo en cultivos muy resistentes.  0-20: Inaceptable para riego.</p>
<p><b><u>Uso en pesca y vida acuática</u></b>  70-100: Pesca y vida acuática abundante.  60-70: Límite para peces muy sensitivos.  50-60: Dudosa la pesca sin riesgos de salud.</p>

40-50: Vida acuática limitada a especies muy resistentes.

30-40: Inaceptable para actividad pesquera

0-30: Inaceptable para vida acuática.

**Uso Industrial:**

90-100: No se requiere purificación.

70-90: Purificación menor para industrias que requieren alta calidad de agua para operación

50-70: No requiere tratamiento para mayoría de industrias de operación normal

30-50: Tratamiento para mayoría de usos

20-30: Uso restringido en actividades burdas

0-20: Inaceptable para cualquier industria

**Uso recreativo.**

70-100: Cualquier tipo de deporte acuático.


50-70: Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere 40-50 LC- dudosa para contacto con el agua


30-40: Evitar contacto, solo con lanchas

20-30: Contaminación visible, evitar cercanía

0-20: Inaceptable para recreación

## 10.6. ANEXO 6. Permiso emitido por el Ministerio del Ambiente (MAE)

 Ministerio  
del Ambiente

 GOBIERNO AUTÓNOMO  
DE LA REGIÓN DE CHIMBORAZO

Oficio Nro. MAE-DPACH-2017-0852-O  
Riobamba, 06 de junio de 2017

**Asunto:** Solicitud de permiso para elaboración de tesis previo la obtención del título de Ingeniero ambiental.

Viviana Edith Chagnay Lema  
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. MAE-DPACH-2017-0867-E donde solicita el permiso para elaboración de tesis previo la obtención del título de Ingeniero ambiental.

Me permito informar que una vez cumplidos los requisitos establecidos y el pago respectivo, se elaboró la Autorización de Investigación científica Nro. 005-C-DPACH-MAE-2017 con el tema: "Plan de protección de las microcuencas Maguaza y Bocatoma como fuentes de captación de agua potable para la ciudad de Riobamba". La cual adjunto para su lectura y conocimiento de las obligaciones que asumen usted y su compañera en calidad de Investigadoras principales.

La fecha de entrega del informe final es el 25/05/2018.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

*Documento firmado electrónicamente*

Ing. Marcelo Patricio Pinó Cáceres  
**DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO,  
ENCARGADO**

Referencias:  
- MAE-DPACH-2017-0867-E

Ancxos:  
- 1520531680001495472057.pdf  
- nro. 005-ic-dpach-mae-2017.pdf

Papel Eco-logico

DIRECCION PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO  
Av. 9 de Octubre y Duchovna, Centro Miraflores  
Riobamba - Ecuador  
Codigo Postal: 060103  
Telefono: (593) 22 201000  
www.ambiente.gob.ec

74