



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“ANUROS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA  
ZONA DE INFLUENCIA DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA  
SAGALA HUAYCU-PARROQUIA SAN ROQUE PROVINCIA DE  
IMBABURA”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORES:**

Gómez Garzón Sayri Israel

Méndez Huaca Lenin Bolívar

**DIRECTOR:**

Blgo. Renato Oquendo. MSc.

**Ibarra, 2018**



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

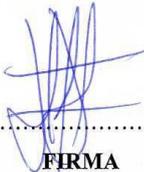
**ANUROS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA ZONA DE  
INFLUENCIA DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA SAGALA HUAYCU-  
PARROQUIA SAN ROQUE PROVINCIA DE IMBABURA**

Trabajo de titulación revisada por el comité asesor, previa a la obtención del título de:  
**INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADA:**

Blgo. Renato Oquendo MSc.

**DIRECTOR**

  
.....  
**FIRMA**

MVz. Tito Mendoza MSc.

**ASESOR**

  
.....  
**FIRMA**

Ing. Tania Oña MSc.

**ASESORA**

  
.....  
**FIRMA**

Ing. Elizabeth Velarde MSc.

**ASESORA**

  
.....  
**FIRMA**

**IBARRA - ECUADOR**

**2018**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CEDULA DE IDENTIDAD</b>	1003530381		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Gómez Garzón Sayri Israel		
<b>DIRECCIÓN</b>	Natabuela – Antonio Ante		
<b>EMAIL</b>	sayri2008@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	062- 535128	<b>MÓVIL</b>	0985676528

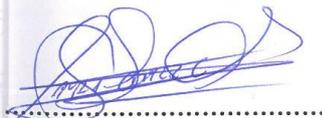
<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CEDULA DE IDENTIDAD</b>	1003230685		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Méndez Huaca Lenin Bolívar		
<b>DIRECCIÓN</b>	Azaya – San Miguel de Ibarra		
<b>EMAIL</b>	lenny_folk8627@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	062- 545098	<b>MÓVIL</b>	0986624301

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO</b>	ANUROS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA SAGALA HUAYCU-PARROQUIA SAN ROQUE PROVINCIA DE IMBABURA
<b>AUTORES</b>	Gómez Garzón Sayri Israel Méndez Huaca Lenin Bolívar
<b>FECHA</b>	10 de septiembre del 2018
<b>PROGRAMA</b>	PREGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTORA</b>	Blgo. Renato Oquendo MSc.

## 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son de los titulares los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

### AUTORES



Gómez Garzón Sayri Israel  
CI: 100353038-1



Méndez Huaca Lenin Bolívar  
CI: 100323068-5

Ibarra, a los 10 días del mes de septiembre del 2018.

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA – UTN

Fecha: Ibarra, a los 10 días del mes de septiembre del 2018.

Gómez Garzón Sayri Israel  
Méndez Huaca Lenin Bolívar

“ANUROS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA SAGALA HUAYCUPARROQUIA SAN ROQUE PROVINCIA DE IMBABURA”

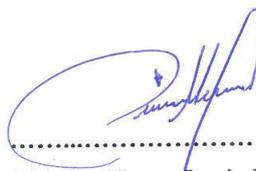
**TRABAJO DE GRADO:** Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables.

**DIRECTOR:** Blgo. Renato Oquendo MSc.

### AUTORES



Gómez Garzón Sayri Israel  
CI: 100353038-1



Méndez Huaca Lenin Bolívar  
CI: 100323068-5

### DIRECTOR



Blgo. Renato Oquendo MSc.

Ibarra, a los 10 días del mes de septiembre del 2018.

## DEDICATORIA

### *A mi madre Noemí*

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

### *A mi padre Camilo*

*Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante ante cualquier adversidad.*

### *A mis hermanos “Mayores”*

*Por el apoyo brindado en el transcurso del día a día, que a más de ser difícil fue bien aprovechado.*

*Sayri Gómez*

*Dedico este trabajo a mis padres **Bolívar Méndez** y **Carmen Huaca** que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un buen profesional de la Patria.*

*A mis hermanos y demás familiares en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de este largo trajinar estudiantil.*

*Lenin Méndez*

## AGRADECIMIENTO

*Mi más sincero agradecimiento al Blgo. Renato Oquendo quien, con su conocimiento, optimismo y más que todo paciencia supo guiarme durante el desarrollo de mi tesis.*

*Finalmente agradezco a mis amigos y compañeros de clase, con los que tuve la oportunidad de compartir el proceso de formación y que hicieron del mismo, un espacio lleno de camaradería y aprendizaje.*

*Sayri Gómez*

*Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros y a la universidad en general por todo lo anterior especialmente por los conocimientos que me han otorgado.*

*A la universidad que me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, y antes de todo esto ni pensaba que fuera posible que algún día siquiera me topara con una de ellas.*

*Lenin Méndez*

## RESUMEN

La microcuenca Sagala Huaycu se encuentra en ecosistemas de estribaciones y montañas dentro de la región interandina, hábitats primordiales para los anuros, en donde el avance de la frontera agrícola es el factor principal que incide en la pérdida de especies vegetales contribuyendo a la desaparición de la diversidad de anuros. Por lo tanto, en ésta investigación caracterizó factores bióticos (anuros) y abióticos (agua y suelo) para establecer el estado de conservación a través de índices de diversidad, índice de prioridades de conservación, índice de evaluación de calidad de anfibios e índice de perturbación humana. Se registró un total de 66 individuos, pertenecientes a tres especies *Gastrotheca riobambae*, *Pristimantis curtipes* y *Pristimantis unistrigatus*, obteniendo una diversidad baja en las tres zonas de estudio, dos de ellas compartiendo las mismas especies. El Índice de Prioridades de Conservación (SUMIN) para el conjunto de especies registradas en la zona 1 alcanzó valores de 6 a 13, se clasificó a *Gastrotheca riobambae* con prioridad máxima de conservación con un coeficiente de 13, los valores variaron para la zona 3 entre 6 y 9, dando como resultado la especie *Pristimantis curtipes* en categoría de atención especial. Al aplicar el Índice de Evaluación de Calidad de Anfibios (EICA), reveló que *Gastrotheca riobambae* es una especie indicadora de calidad ambiental media ya que no se adapta con facilidad a las modificaciones de hábitats obteniendo un coeficiente de 6, además *Pristimantis unistrigatus* es una especie relacionada con una mala calidad ambiental debido a su facilidad para adaptarse a las modificaciones de hábitats con un coeficiente de 3. El Índice de Perturbación Humana (IPH) indicó que la zona de la microcuenca está afectada drásticamente con la deforestación, avance de la frontera agrícola y los incendios forestales los cuales destruyen los hábitats naturales y formas de vida propias del lugar. Finalmente se recopiló todos los datos obtenidos en una matriz de priorización, con la cual se seleccionó y planteó tres estrategias de conservación, dos direccionadas a la conservación de los hábitats investigados y una destinada a la conservación de la especie en peligro de extinción.

## SUMMARY

The micro watershed Sagala Huaycu streams are found within the Andean Region, in foothills and mountain ecosystems, as important habitats for amphibians in Ecuador. Research areas as well as many areas within and outside the micro-watershed present environmental problems, being in advance of the agricultural frontier, the main factor that affects the loss of plant species leading to the loss of the diversity of amphibians. This research, characterized biotic (anurans) and abiotic factors (water and soil) and establish the state of conservation. Through diversity index, conservation Priorities index, amphibian quality assessment index and human Disturbance index. A total of 66 individuals were registered, belonging to two genera grouped in two families, by applying the diversity indexes it obtained that the three study areas present a low diversity, two of them sharing the same species. The Conservation Priorities Index (SUMIN) for the set of species registered in zone 1, it reached values of 6-13, In the area is classify to *Gastrotheca riobambae*, as a maximum conservation priority with a coefficient of 13, the various index for zones 2 and 3 with values between 6 and 9, Resulting in the species *Pristimantis curtipes* with special attention category. Amphibian Quality assessment index for wetlands (EICA), It reveals that the species *Gastrotheca riobambae* is an indicator species of medium quality because it does not adapt easily to the modifications of habitats by a coefficient of 6, While *Pristimantis unistrigatus* with a coefficient of 3, it is a species related to poor environmental quality due to its ease to adapt to habitat modifications. The human disturbance index revealed that the Miro Basin area is affected by deforestation, advancing the agricultural frontier and forest fires, which drastically damage the habitats. Finally, all the data obtained in a prioritization matrix was collected, with which three conservation strategies were selected and raised, two directed to the conservation of the investigated habitats and one destined to the conservation of the species in danger of extinction.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	2
1.1.1 Objetivo general .....	2
1.1.2 Objetivos específicos .....	2
1.2 Pregunta de investigación.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Generalidades de anfibios .....	4
2.1.1 Anuros en el Ecuador .....	4
2.2 Hábitat de los anuros .....	5
2.3 Distribución de especies de anuros en la zona andina .....	6
2.3.1 Importancia de las quebradas .....	6
2.4 Diversidad de anfibios.....	7
2.5 Estado de conservación de anfibios .....	7
2.6 Indicadores biológicos.....	8
2.7 Propuestas de conservación.....	8
2.8 Estudios realizados en América del Sur .....	9
2.9 Estudios realizados en Ecuador.....	9
2.10 Métodos para medir la anuro fauna.....	11
2.11 Índice de prioridades de conservación (SUMIN).....	13
2.12 Índice de perturbación humana (IPH) .....	16
2.13 Estrategias de conservación .....	17
2.14 Marco legal.....	17
CAPÍTULO III.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1 Área de estudio.....	22
3.2 Materiales y equipos.....	23
3.3 Métodos.....	23
3.4 Caracterización y selección de sitios de estudio .....	24
3.5 Determinación de diversidad de especies.....	25

3.5.1 Intensidad y esfuerzo de muestreo.....	26
3.5.2 Captura e identificación de especímenes.....	26
3.5.3 Toma de muestras de suelos.....	27
3.5.4 Toma de muestras de agua.....	28
3.6 Diversidad.....	29
3.6.1 Índices de diversidad $\alpha$ .....	29
3.6.2 Índice de diversidad $\beta$ .....	31
3.7 Índice de prioridades de conservación (SUMIN).....	31
3.8 Índice de evaluación de calidad de anfibios para humedales (IECA).....	33
3.9 Índice de perturbación humana (IPH).....	33
3.10 Matriz de priorización.....	35
CAPÍTULO IV.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Variables climáticas.....	36
4.2 Caracterización de anuros.....	37
4.2.1 Identificación de especímenes.....	38
4.3 Caracterización de suelo.....	38
4.4 Caracterización del agua.....	40
4.5 Riqueza y abundancia de especies.....	42
4.6 Análisis de diversidad.....	43
4.7 Índices de diversidad $\alpha$ y $\beta$ .....	45
4.8 Distribución espacial de los anuros.....	48
4.9 Índice de perturbación humana (IPH) para hábitats de vegetación natural.....	49
4.9.1 Índice de Perturbación Humana (IPH) para áreas cultivadas.....	50
4.10 Índice de prioridades de conservación (SUMIN) para la zona 1.....	51
4.10.1 Índice de prioridades de conservación (SUMIN) para la zona 3.....	52
4.11 Estado de conservación.....	53
4.12 Índice de evaluación de calidad de anfibios (IECA).....	56
4.13 Propuestas de conservación.....	57
4.13.1 Estrategias de conservación mediante la educación ambiental.....	58
4.13.2 Estrategia de reforestación con especies nativas.....	61
4.13.3 Estrategia de reproducción <i>ex situ</i> de <i>Gastrotheca riobambae</i> .....	64
CAPÍTULO V.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67

5.1 Conclusiones .....	67
5.2 Recomendaciones .....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquematación de la ubicación de los transectos con respecto a la vegetación. ...	12
Figura 2. Diagrama de muestreo por cuadrantes puntuales de conteo para individuos. ....	13
Figura 3. Mapa de ubicación de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu .....	22
Figura 4. Descripción del estado de la zona de estudio. ....	24
Figura 5. Zonas de estudio: zona 1, zona 2, zona 3. ....	25
Figura 6. Aplicación de las técnicas de muestreo. ....	26
Figura 7. Toma de muestras de suelo implementando un barreno. ....	27
Figura 8. Muestras de suelo tomadas de las tres zonas de estudio debidamente etiquetadas. .	28
Figura 9. Muestra de agua tomada en la zona de estudio .....	29
Figura 10. Diagrama ombrotérmico empleando datos de estación meteorológica Otavalo (2015). ....	36
Figura 11. Mapa de ubicación de las especies .....	37
Figura 12. Especies de anuros registrada en la zona de estudio A) <i>Gastrotheca riobambae</i> B) <i>Pristimantis curtipes</i> C) <i>Pristimantis unistrigatus</i> .....	38
Figura 13. Porcentaje de abundancia general de las especies registradas. ....	43
Figura 14. Curva de acumulación de especies en época seca .....	44
Figura 15. Curva de acumulación de especies en época lluviosa. ....	44
Figura 16. Índice de Shannon. ....	45
Figura 17. Índice de Margaleff. ....	46
Figura 18. Índice de Jaccard. ....	47
Figura 19. Distribución espacial de los anuros. ....	48
Figura 20. <i>Pristimantis unistrigatus</i> .....	53
Figura 21. <i>Pristimantis curtipes</i> .....	54
Figura 22. <i>Gastrotheca riobambae</i> .....	55
Figura 23. Mapa de áreas de reforestación .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de materiales, equipos y software usados en la investigación .....	23
Tabla 2. Variables Evaluadas en el Índice de Prioridades de Conservación .....	32
Tabla 3. Categorías de adaptabilidad y tolerancia de los anfibios. ....	33
Tabla 4. Actividades antrópicas evaluadas en las zonas de vegetación natural.....	34
Tabla 5. Actividades antrópicas evaluadas en zonas de cultivo. ....	34
Tabla 6. Resultados de análisis químicos de suelo, de las tres zonas de estudio.....	39
Tabla 7. Resultados de análisis físicos, químicos de agua, tomados en la parte alta de la zona de estudio. ....	40
Tabla 8. Resultados de análisis físicos y químicos de agua, tomados en la parte baja de la zona de estudio.....	41
Tabla 9. Total de anuros por especie registrados en las zonas de estudio. ....	42
Tabla 10. Índice de perturbación humana en áreas de vegetación natural.....	49
Tabla 11. Índice de perturbación humana en áreas cultivadas.....	50
Tabla 12. Índice de prioridades de conservación SUMIN para la zona 1.....	52
Tabla 13. Índice de prioridades de conservación SUMIN para la zona 2.....	52
Tabla 14. Cálculo del índice de evaluación de calidad de anfibios .....	56
Tabla 15. Descripción calificativa de las condiciones de adaptabilidad y tolerancia de los anuros.....	56
Tabla 16. Valorización mediante matriz de priorización.....	58
Tabla 17. Desarrollo de la estrategia de educación ambiental.....	60
Tabla 18. Desarrollo de la estrategia de reforestación con especies nativas .....	62
Tabla 19. Desarrollo de la estrategia de reproducción <i>ex situ</i> de <i>Gastrotheca riobambae</i> .....	66

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La constante destrucción de los ecosistemas por la intensificación de las actividades de aprovechamiento de recursos naturales, han puesto en grave riesgo a la mayoría de las especies que habitan en ecosistemas alto andinos (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015). Gran parte de estos hábitats naturales se encuentran aislados dentro de cuencas y microcuencas hidrográficas, las que albergan restos de vegetación natural, dejando que muchas especies de flora y fauna ocupen estos espacios. La destrucción de éstos hábitats ha sido muy significativa en el campo de los anfibios existiendo casos de desapariciones definitivas en la región Neotropical, donde más del 40% de las especies anfibias se encuentran actualmente en regresión (Belamendia, 2010).

A nivel mundial se han descrito un total de 7 480 especies de anfibios silvestres (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2017), Ecuador ocupa el tercer puesto en diversidad de anfibios, con un aproximado de 595 especies identificadas, que representa el 12,44% del total, de las cuales 241 son endémicas. El territorio alberga tres veces más especies de anfibios por kilómetro cuadrado que Colombia y 21 veces más que Brasil (MAE, 2017).

Los anfibios representan uno de los grupos más numerosos en cuanto a la diversidad faunística ecuatoriana. Estos pequeños vertebrados forman parte de los estratos básicos de las redes tróficas, que posibilitan la subsistencia de otros vertebrados superiores como aves y mamíferos. Su presencia es clave para la conservación y mejora de la biodiversidad y su manifestación es un indicador biológico de calidad ambiental, el que puede ser utilizado como un puente para diagnosticar la calidad de hábitat y poder establecer el microclima de un ecosistema (Isasi y Catalá, 2011).

Las especies indicadoras son un atractivo investigativo y una herramienta de monitoreo con la cual un profesional de la conservación puede utilizarla como sustituta para la biodiversidad en general, mediante el seguimiento de los resultados de prácticas de gestión a través de la medición del aumento o la disminución de la población de las especies que también

contribuyen con la detección de brotes de enfermedades, dando como resultado un “sistema de alerta temprana” por biólogos y gestores de la conservación (Lips y Reaser, 1999).

Considerando los diferentes estudios basados en la caracterización de anfibios como mecanismos para la evaluación de calidad ambiental de los ecosistemas. Se determinó al orden taxonómico, anura como objeto de estudio. La finalidad de la investigación es crear información, que permita conocer el estado actual del ecosistema dentro de la quebrada Sagala Huaycu, a través de la presencia y riqueza de especies.

La investigación será utilizada como un medio facilitador, que aporte con el diseño de estrategias que vayan direccionadas a la conservación de los ecosistemas húmedos de la zona de estudio de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu que se encuentran en estado vulnerable, conjuntamente con los recursos naturales asociados. Encajando así, en los lineamientos estratégicos tal como lo manifiesta la Constitución Política del Estado, en su capítulo séptimo con respecto a los derechos de la naturaleza.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

- Evaluar la calidad ambiental de la microcuenca Sagala Huaycu utilizando anuros como bioindicadores, con el fin de diseñar una propuesta de conservación.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar los factores bióticos (anuros) y abióticos (agua y suelo) del área de influencia de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu.
- Determinar la diversidad, el estado de conservación de especies de anuros encontrados y su distribución espacial dentro de la microcuenca.

- Determinar la calidad ambiental de la microcuenca de acuerdo a la variabilidad de anuros.
- Diseñar una propuesta de conservación considerando la diversidad y estado de conservación de las especies de anuros encontrados.

## **1.2 Pregunta de investigación**

- ¿La caracterización de anuros en la microcuenca Sagala Huaycu puede ser una herramienta para la conservación ambiental?

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En este capítulo se detalla información general y específica acerca de conceptos e investigaciones relacionadas con anfibios, la cual facilitó el desarrollo de la presente investigación, a través de contenidos científicos.

#### 2.1 Generalidades de anfibios

Los anfibios son vertebrados que pertenecen a la clase Amphibia, ésta palabra etimológicamente viene o se origina del griego anphi que significa dos y bios vida. Esto se refiere a las dos fases de vida que cursan estos vertebrados, una etapa larvaria de vida acuática donde se desarrollan y respiran por medio de branquias y la fase adulta de vida terrestre en la cual modifican su forma de respiración pasando a pulmonar (Seimon, George, Preston, Halloy y Anton, 2005).

Los anuros pertenecientes a un orden de la clase anfibia, son considerados indicadores de calidad ambiental ya que poseen una piel extremadamente permeable y no pueden soportar diferentes tipos de contaminación o modificación en sus hábitats (Gutiérrez, 2011). La mayoría de los anuros se caracterizan por sus largas patas traseras, el cuerpo corto, palmeadas en los dedos o dedos de los pies, ojos protuberantes y sin cola. La mayoría de los anuros tienen un estilo de vida semiacuático, pero se mueven fácilmente en la tierra al saltar o escalar. El orden Anura (sapos y ranas) constituye el más diverso de los anfibios existentes con un total de 5 450 especies identificadas en el mundo y en el Ecuador existen 594 especies de anfibios descritas (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2015).

##### 2.1.1 Anuros en el Ecuador

En el Ecuador los anuros están representados por un total de 573 especies las cuales están agrupadas en 16 familias, la familia Craugastoridae es la más representativa (Ron *et al*, 2012), las ranas del género *Pristimantis* son las más numerosas con un total de 159 especies (Frost, 2011). Este género tiene una buena densidad y alta distribución de todo el Neotrópico,

la irregularidad de la topografía de los andes ecuatorianos junto a la variedad de hábitats, microhábitats, climas y microclimas que se forman, son factores muy importantes en la especiación y distribución de este grupo de anuros (Duellman, 1999). La familia Hemiphractidae se encuentra representada por la rana marsupial andina (*Gastrotheca riobambae*) una rana endémica que han conquistado altitudes entre los 2 500 a 3 000 msnm, y está distribuida en el norte y centro del Ecuador (UICN, 2015).

## **2.2 Hábitat de los anuros**

Los anuros, especímenes terrestres más renombrados de los trópicos se distribuyen en diversos hábitats desde páramos, bosques, ríos y pantanos, cumplen roles importantes para el funcionamiento de los ecosistemas. En el Ecuador los páramos andinos parten de un rango altitudinal desde los 3 000 msnm, las condiciones geológicas, climáticas varían mucho (Medina y Hofstede, 2006). El clima durante el año es estable, pero hay una diferencia muy marcada entre el día y la noche, lo que se puede resumir en “verano todos los días, invierno todas las noches” (Hedberg y Hedberg, 2003). El páramo cubre alrededor de 1 250 000 ha en todo el Ecuador, aproximadamente un 6% del territorio nacional. Es decir que el Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión territorial (Medina y Hofstede, 2006).

Los páramos muestran una notable diversidad en varios grupos, especialmente plantas, aves, anfibios y mamíferos (Vásconez y Hofstede, 2006). la cantidad de pequeñas hierbas aparentemente poco acondicionadas a este ambiente que crecen entre el pajonal, las rosetas, bromelias, los arbustos y las almohadillas. Este hábitat conforma el ambiente ideal para ciertas especies de anuros, algunas especies son más abundantes en la parte del sub páramo como los géneros *Gastrotheca* y *Pristimantis*, los cuales durante el día se las encuentra debajo de rocas en pastizales, entre las hojas de plantas en días nublados, se escucha a los machos cantar desde pozas poco profundas con hierbas, zanjas o debajo de piedras (Duellman, 2015).

## **2.3 Distribución de especies de anuros en la zona andina**

Son específicos de la ceja andina y ocasionalmente alcanzan los pajonales, pero con el avance de la frontera agrícola se los encuentra a altitudes menores a 3 000 m.s.n.m. La familia Hemiphractidae, está representada por el género *Gastrotheca* y la familia Craugastoridae, por el género *Pristimantis* que es lo que más se encuentra en la Región Interandina del Ecuador. (Lynch 1981). También se encuentra familias como: Bufonidae, Dendrobatidae, Hylidae, Leptodactylidae (BioWeb, 2017).

Se considera a Craugastoridae como la principal aportante en la alta riqueza de especies del norte de los Andes, siendo el género *Pristimantis* el de mayor contribución, documentado por Meza y Torres (2016). En segundo lugar, se ubica la familia cosmopolita Bufonidae, en su mayor parte con el género *Atelopus*. Los bufónidos presentan la mayor diversidad en la Cordillera Central de Colombia y en las cordilleras de Ecuador (García, Castro y Cárdenas, 2005).

### **2.3.1 Importancia de las quebradas**

Las quebradas o “Huaycus” ofrecen a los habitantes una serie de servicios ecosistémicos que, aunque no sean calificados como tales, se los asume cuando se habla de: fauna, flora, estabilidad de los taludes y disminución del riesgo de deslizamientos. Sin embargo, el MAE (2015) indica que gran parte de estas zonas, presenta un alto grado de disturbio y fragmentación, aspectos promovidos principalmente por el avance de las actividades agrícolas.

Las quebradas contienen los últimos relictos de bosques andinos, tienen connotaciones histórico-culturales, disminuyen la presión hacia las áreas de conservación, permiten la funcionalidad, integridad y conectividad con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, bajo este aspecto, menciona que las quebradas son parte importante de los sistemas hídricos, ecológicos y facilitan la interrelación con los distintos pisos altitudinales, por lo tanto, es primordial su conservación. La contaminación de causas por desechos de actividades antrópicas, los que actúan como factores tensionantes y disminuyen el grado de conservación de los ecosistemas dentro de las quebradas, involucran en la degradación de las especies de flora y desaparición de fauna existente (Oleas *et al.* 2016).

## **2.4 Diversidad de anfibios**

Los cambios en la magnitud de la diversidad pueden servir para justificar acciones de protección de los ecosistemas. Desde el enfoque de la ecología, la diversidad de especies es una propiedad relacionada con la estructura de las comunidades, que puede definirse como el recíproco de un promedio de las abundancias relativas de las especies (Hill, 1973). El valor de este recíproco es el número máximo posible de especies que podrían coexistir en una comunidad, si todas ellas tuvieran la misma abundancia, es decir, el número efectivo de especies en la comunidad (Moreno y Rodríguez, 2011; Moreno *et al.* 2011).

La variable utilizada más frecuente para medir abundancia y riqueza de las especies es el número de individuos, los cuales son aplicados mediante índices de diversidad biológica alfa y beta. Medir la diversidad de especies es un objetivo fundamental en distintas disciplinas biológicas, como la Ecología, la Biogeografía o la Biología de la conservación. Esta medición es necesaria, para evaluar cuánto cambia la diversidad entre dos o más comunidades diferentes tipos de hábitat, distintos momentos de tiempo, o a través de gradientes ambientales y altitudinales, naturales o antrópicos (Oleas, Villela y Almeralla, 2014).

## **2.5 Estado de conservación de anfibios**

El estado de conservación es desarrollado en el contexto de los libros rojos o listas rojas de especies amenazadas o en peligro de extinción, ya sea a escala global, regional o nacional, se entiende como una evaluación del riesgo negativo de extinción de una especie. Un estado de conservación natural se considera favorable cuando el área de distribución natural de una especie es amplio, lo que significa que una especie continuará existiendo en un futuro cercano (Salvador, 2014).

En este contexto, el Ministerio del Ambiente de Ecuador, a través del Proyecto para la Conservación de Anfibios y Uso Sostenible de sus Recursos Genéticos (PARG), trabaja para generar una mayor conciencia pública sobre los beneficios y amenazas que soportan estas especies (MAE, 2015). El Ecuador está entre los países más afectados por las extinciones poblacionales de anfibios pues se ubica en tercer lugar a nivel mundial (BioWeb, 2017). Así el 33% (186 especies) de anfibios ecuatorianos están en riesgo de extinción (UICN, 2015).

## **2.6 Indicadores biológicos**

Estos son los estándares que brindan un conocimiento de cómo o en qué estado se encuentra cierto hábitat, estos indicadores pueden ser varios como por ejemplo si se habla de estudio del agua estaría Fitoplancton y Zooplancton. Para éste estudio se ha tomado como indicadores biológicos a los anuros que son buenos indicadores de calidad ambiental y micro hábitats y a su vez que son importantes en las cadenas tróficas (Dickerson, 2001).

El cambio climático puede afectar a los anuros, ya sea directamente con el cambio de temperaturas en las aguas, la variación del pH, el uso de productos agroquímicos o cambios en las épocas de precipitación con lo que afectaría el ciclo de vida y en especial en la etapa de reproducción (Salinas y Veintimilla, 2010).

La densidad y abundancia de ranas y sapos varían directamente con los cambios en la estructura de los hábitats. Los lugares con mayor diversidad de anuros pueden ser considerados candidatos de primer orden para creación de áreas protegidas (Prendergast, Rachel, y Lawton, 1997).

## **2.7 Propuestas de conservación**

La estrategia de la conservación propone minimizar las amenazas que se están generando por parte de la fragmentación y pérdida de hábitat, la sobreexplotación y la contaminación. La manera por la cual se disminuyen estas amenazadas es por medio de herramientas biofísicas y socioeconómicas; de las cuales las áreas protegidas pertenecen a la primera herramienta y los libros rojos como parte de las herramientas de educación ambiental (Primack, 2000). El libro rojo de mamíferos resalta éstas amenazas, particularmente las primeras dos, de tal manera las está considerando como la mayor crisis por extinción de las especies (Jiménez, 2010).

Las áreas protegidas son una de las estrategias para cumplir con los objetivos de conservación, permitiendo integrar el análisis del territorio desde sus diversos ámbitos con lo cual los libros rojos están de acuerdo, pues plantean las áreas protegidas como una de las medidas de conservación más mencionadas, con la idea de una vinculación efectiva de los actores sociales beneficiados e institucionales competentes de tal forma que estas áreas se constituye así en un instrumento de coordinación y de manejo que permite, dentro de un

contexto democrático y participativo, planificar, organizar, ejecutar, investigar, educar y hacer seguimiento al cumplimiento del propósito del sistema en los diferentes niveles: local, nacional y regional (Cifuentes *et al.*, 2000 y Castellanos *et al.*, 2010).

## **2.8 Estudios realizados en América del Sur**

Lips y Reaser (1999) encontraron que la disminución de anfibios en América del Sur, sobre todo en los ecosistemas alto andinos y de páramo, se dan debido a los cambios climáticos globales que juegan un papel muy importante; los cuales son inducidos debido a la degradación del hábitat, lo que ha originado que ciertas especies de anfibios se encuentren en alguna categoría de sensibilidad o amenaza.

Méndez y Narváez (2014) explican que los primeros muestreos y las obtenciones de riqueza se las realizaron en la cuenca del río Fúquene en Cundinamarca - Colombia, en distintos hábitats mediante transectos ubicados entre los 2 600 y 3 100 msnm, los cuales se realizaron en páramo, bosque ripario y bosque alto andino, en el que se reconoció dos especies de anuros. Argumenta también que, aunque no hay registros anteriores realizados en la zona se hizo comparaciones con áreas cercanas y topografías similares y dedujo que la alteración del hábitat, la contaminación producto de las actividades agrícolas y ganaderas están relacionadas con la baja diversidad de estas especies en la zona.

## **2.9 Estudios realizados en Ecuador**

Veintimilla, Salinas y Aguirre (2011) evaluaron la diversidad de la anurofauna en el ecosistema de páramo del Parque Nacional Podocarpus registrando 108 individuos pertenecientes a cinco especies, dos géneros y una familia, de los cuales el género *Pristimantis* es el más diverso, mientras que las especies más dominantes son *Pristimantis grp. orcesi* y *Pristimantis grp. myersi*.

De igual manera determinan que la especie bioindicadora es *Pristimantis grp. orcesi*, la que ayudará a monitorear con el tiempo los impactos del cambio climático sobre la diversidad del páramo ya que el estado de conservación de las especies registradas no está definido por ser especies nuevas, a excepción de *Pristimantis percultus* categorizada en peligro (EN) por la

UICN. Con ésta información es posible conocer los futuros impactos en relación al cambio climático sobre la diversidad de éste orden taxonómico.

El género *Gastrotheca* se distribuye en toda la sierra del Ecuador desde el norte en Carchi hasta el centro en Chimborazo, en un rango altitudinal de 1 578 a 3 500 msnm. Se la encuentra en el sotobosque, se alimenta de insectos y su actividad es nocturna. El género *Pristimantis* es el más rico en especies en el Ecuador, en el piso alto andino hay 31 especies de *Pristimantis*, 21 son endémicas, se reproducen de forma directa sin metamorfosis y en temporada seca se los registra en una mínima cantidad (Albán, 2015).

Guevara (2011) realizó el levantamiento de la línea base para el monitoreo de los objetos de conservación del Refugio de Vida Silvestre Pasochoa, registrando en la investigación a tres especies de anfibios *Gastrotheca riobambae*, *Pristimantis unistrigatus*, *Pristimantis curtipes*, la especie con más común en la zona de estudio fue *Pristimantis unistrigatus* seguida de *Pristimantis curtipes*.

Lozano (2017) estudió la herpetofauna de una quebrada con diferentes grados de perturbación, los rangos altitudinales variaron entre 2 000 y 3 000 msnm. El estudio fue ejecutado en el cantón Mejía provincia de Pichincha, obteniendo una riqueza de cuatro especies de anfibios correspondientes al orden anura y representadas en tres familias, estas especies fueron: *Cochranella buckelyi*, *Pristimantis unistrigatus*, *Pristimantis currtipes* y *Gastrotheca pseustes*.

El estado poblacional y las relaciones ecológicas de *Gastrotheca riobambae* en dos localidades del volcán Pasochoa. La estructura poblacional se conformó mayormente por machos con una relación de 5:1 en la Reserva de Vida Silvestre Pasochoa y de 7:1 en Cuendina, esta estructura se debe en parte al tipo de muestreo, también a la agilidad de las hembras por ocultarse. Pues en el estudio no se capturo hembras solo se las detectó por los audios. Las épocas escogidas mostraron evidentes fluctuaciones poblacionales en su abundancia; estas variaciones poblacionales de acuerdo al clima son típicas en anfibios (Ramírez y Rodríguez, 2011).

El análisis de la diversidad herpetofaunística en el sector de la virgen en la Reserva Ecológica Cayambe Coca, los resultados que obtuvo en abundancia revelaron que la familia

*Brachycephalidae*, compuesta por el género *Pristimantis*, es el grupo más abundante de la herpetofauna con el 70% de los individuos registrados en contraste con las ranas marsupiales (*Gastrotheca*) con tan solo el 30% restante. En los muestreos obtuvo una composición equiparada entre especies endémicas regionales (*Pristimantis curtipes* y *P. thymelensis*) y endémicos locales (*Pristimantis trepidotus* y *Gastrotheca pseustes*) (Yáñez, 2007).

Yáñez y Bejarano (2013) realizaron una lista actualizada de ranas terrestres *Pristimantis* en las estribaciones occidentales de los andes en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), reportaron 34 especies formalmente descritas y 12 especies con un estatus taxonómico indefinido, La diversidad de ranas *Pristimantis* en el gradiente altitudinal de 600 a 4 200 msnm *Pristimantis curtipes* es la única especie reportada en los páramos de las cimas de la cordillera occidental en una localidad dentro de este sector, se encuentra en dos de los nueve rangos altitudinales establecidos desde los 3 600 a 4 000 msnm en la formación vegetal de Páramo Herbáceo.

## **2.10 Métodos para medir la anuro fauna**

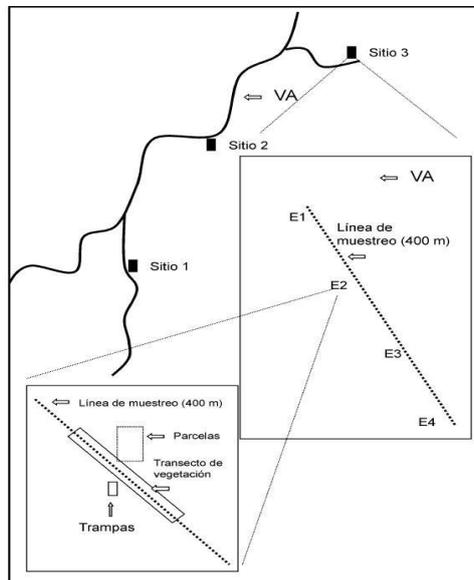
Para el muestreo de anuros existen métodos que facilitan su inventario, la utilización de uno de éstos dependerá de los objetivos que se desean alcanzar, los cuales adaptarán una metodología que se acople a las condiciones ecológicas y morfológicas del área en estudio. De acuerdo con García y Cabrera (2008) los métodos más utilizados para el inventario son; transectos de bandas auditivas, transectos lineales y cuadrantes puntuales.

- **Transectos lineales**

Se aplican transectos de espacio ya definidos de 250 m de largo por una banda de 2m de ancho (Lips, K., Reasaer, J., Young, B. y Ibañez, R., 2001). Para facilitar el muestreo, se emplean dos personas o más, el observador e identificador de especies y el registrador de datos y fotografías.

Este monitoreo determina las actividades de los anuros en un lapso de tiempo definido a través de varias observaciones en el mismo sitio (Figura 1). El inicio del muestreo es

realizado en época lluviosa facilitando la detección de los especímenes, pues la mayoría croan y se los encuentra con mayor facilidad (Duellman, 1978).



**Figura 1.** Esquematación de la ubicación de los transectos con respecto a la vegetación.

**Fuente:** García y Cabrera, (2008).

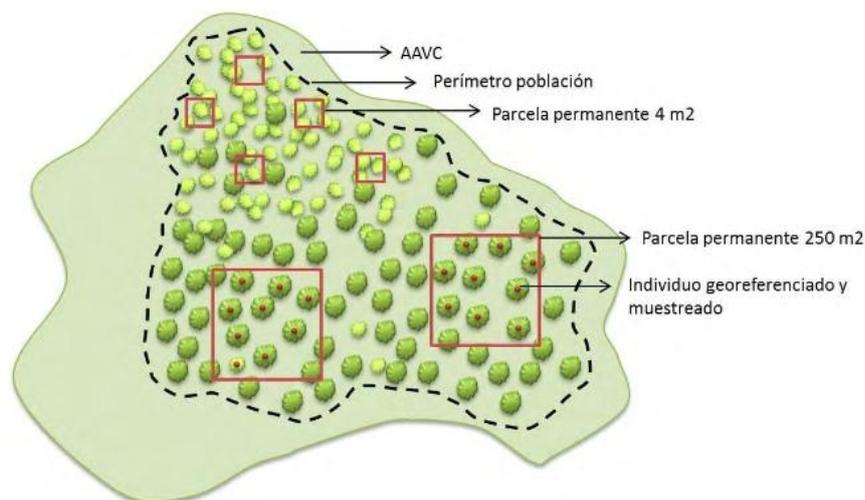
Es muy importante considerar los distintos tipos de escenarios en dónde se encuentran los anfibios como por ejemplo en la hojarasca, en estanques, troncos y árboles (Galindo, *et al* 2003). En el caso de especies de anfibios arborícolas se puede registrar de mejor manera en temporadas de lluvia (Lee, 1996).

- **Transectos de bandas auditivas**

Estos transectos se basan en escuchar las vocalizaciones producidas por los machos durante la época de reproducción, la técnica consiste en contar los machos que cantan a lo largo de la transectos predeterminada por el investigador mediante esta técnica se puede determinar la abundancia relativa de machos cantando, la abundancia relativa de machos adultos y composición de especies del lugar en estudio. Ésta técnica es utilizada para muestrear en ecosistemas de muy compleja accesibilidad donde existe una elevada riqueza (Angulo, 2006).

- **Muestreo por cuadrantes puntuales**

Estas parcelas o cuadrantes se utilizan para determinar la densidad de especies terrestres de anfibios como se observa en la Figura 2, se emplean cuadrantes de 8x8 metros (Jeager y Inger, 1994). Por cada salida de campo se establece 4 cuadrantes, y un mínimo de 30 cuadrantes brindan datos suficientes para análisis estadísticos. Es una técnica muy útil para especies de anfibios que viven sobre hojarasca dentro de un área relativamente homogénea (Angulo *et al.*, 2006).



**Figura 2.** Diagrama de muestreo por cuadrantes puntuales de conteo para individuos.

**Fuente:** García y Cabrera, (2008).

## 2.11 Índice de prioridades de conservación (SUMIN)

Esta metodología denominada índice de SUMIN, consiste en evaluar variables consideradas importantes para la supervivencia de las especies (Pincheira *et al.*, 2008). Las variables que esta metodología propone evaluar son:

- **Distribución continental:** Especies con distribución geográfica limitada pueden ser vulnerable a cambios o alteraciones en su distribución (Stotz, 1996). La disminución del área geográfica es un factor principal que pone en peligro la subsistencia entre poblaciones. Examinar los patrones de distribución de las especies, (Mondragón, 2004) es una herramienta la cual nos permite identificar áreas idóneas para la conservación.

- **Distribución nacional:** Una variable importante para la conservación de especies de anuros a nivel nacional. Esta variable determina la proporción de distribución de las especies a nivel nacional ya que se considera un dato primordial para la conservación (Martínez, 2013).
- **Abundancia:** Esta variable muestra la adaptabilidad de las especies a distintos hábitats (Armesto y Señaris, 2017) ya sean a perturbados o intactos, para evaluar esta categoría existen siguientes criterios:

**Abundante:** en el hábitat se registran gran cantidad de individuos.

**Común:** en el hábitat se registran cantidades moderadas o bajas.

**Bastante común/ frecuente:** en el hábitat se registran en la mitad de la jornada de observación.

- **Singularidad taxonómica:** especies o taxones que incluyan una o pocas formas genéticas. Esta particularidad hace que se las conserve para el resguardo de su extinción siempre y cuando se considere a la especie única; es decir si pertenece a un solo género tiene una sola especie (Vergara y Jerez, 2009).
- **Tamaño corporal:** Es el tipo de rango estándar o patrón conocido que da una aproximación rápida al tipo de anuro que corresponde a su ciclo de vida: puede ser adulto, juvenil o se los puede encontrar en su estado larvario (UICN, 2015).
- **Grado de protección de especie:** Es la situación en la que se encuentra cada especie de una región haciendo referencia al nivel de riesgo mundial, las categorías establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza Categorías (UICN) son ocho según el estado de conservación de las especies a nivel global: Extinto (Ex), Extinto en estado silvestre (EW), En peligro crítico (CR), en peligro (EN), Vulnerable (VU), casi amenazado (NT), preocupación menor (LC) y Datos insuficientes (DD) (UICN, 2015). Así se describe cada una de las categorías de la UICN:

- **Extinto (EX):** un taxón es extinto cuando no existe ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto, y a lo largo de su área de distribución histórica natural, no ha podido detectar un solo individuo.
- **Extinto en estado silvestre (EW):** un taxón está Extinto en Estado Silvestre, cuando su población sólo sobrevive en cautividad o áreas naturalizadas completamente fuera de su distribución original.
- **En peligro crítico (CR):** un taxón que se considera bajo la categoría peligro crítico, cuando tiene un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato (en los próximos años) en su área de distribución natural.
- **En peligro (EN):** en esta categoría se ubica un taxón cuyas características poblacionales, enfrentan un riesgo de extinción menos serio que la categoría (peligro crítico), cabe recalcar que puede estar en riesgo de extinción en un lapso de tiempo (una o dos décadas).
- **Vulnerable (VU):** un taxón puede ser catalogado bajo la categoría vulnerable cuando sus poblaciones se encuentran en menor rango de amenaza que las categorías (Crítico o En Peligro) no obstante, puede encontrarse en alto riesgo de extinción local (décadas).
- **Casi amenazado (NT):** el taxón está Casi Amenazado cuando sus poblaciones no satisfacen los criterios para ser clasificado bajo las categorías (En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable), pero está próximo a satisfacer los criterios en un futuro cercano.
- **Preocupación menor (LC):** un taxón se considera de Preocupación Menor cuando al ser evaluado, no se encuentra en criterios que lo definan bajo en distintos criterios evaluados (En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado).

Díaz y Ortiz (2003) evaluaron el estado de conservación de especies de anfibios en Chile aplicando el índice SUMIN a 50 especies de anfibios, obteniendo cuatro especies categorizadas en prioridad de conservación, para las cuales la deforestación y destrucción del hábitat ha sido uno de los factores fundamentales para la desaparición de ciertas especies, seis

especies se establecieron en la categoría de atención especial, 17 especies en categoría no prioritarias y 23 especies las cuales no evaluó por falta de datos.

Maneyro y Langone (2001) categorizaron a los anfibios de Uruguay por medio del índice de prioridades de conservación SUMIN, obteniendo un valor mínimo de 5 y un máximo de 17 con una media de 9,9 y su desviación de 3,3. Al aplicar estos datos se obtuvo siete especies en categoría de prioridad de conservación cuyos valores fueron superiores de 13, once especies entraron en la categoría de atención especial y 23 especie en atención no prioritarias.

## **2.12 Índice de perturbación humana (IPH)**

Las actividades antrópicas son los principales causantes de perturbaciones en los ecosistemas terrestres generando cambios en la composición, estructura de comunidades biológicas, y la pérdida de hábitats. El interés por desarrollar metodologías que ayuden en la mitigación de los impactos generados por las actividades antrópicas en los ecosistemas ha ido en aumento conforme al transcurso de los años. Se emplea el índice de perturbación humana para detectar de manera temprana los impactos de las actividades antrópicas que afecta a los distintos hábitats (Gómez y Cochero, 2013).

El IPH emplea datos cualitativos del hábitat mediante valores asignados por el criterio del investigador que consigue determinar el grado de afectación que sufre cada lugar. Éste índice es muy utilizado en sistemas de vegetación de ribera (ripario) debido a que comprende en gran parte la integridad del hábitat de un río, para establecer especies indicadoras de calidad ambiental (Kepfer, 2008).

Chingal y Saldaña (2017) evaluaron el estado de conservación de la avifauna y las perturbaciones causadas por las actividades antrópicas en cinco comunidades ubicadas en la parroquia de Ambuquí en Imbabura y Pusir chiquito de la provincia del Carchi, obteniendo resultados elevados en cuanto a deterioro de la zona de estudio al aplicar el índice de perturbación humana (IPH).

### **2.13 Estrategias de conservación**

Las estrategias de conservación proporcionan mecanismos de acción inmediata para mitigar las principales amenazas que alteran la viabilidad de los aspectos de conservación (Delgado, Sepúlveda y Álvarez, 2010). En base a su importancia es necesario advertir que toda estrategia de conservación debe realizarse de acuerdo al grado de importancia que desempeña la biodiversidad, el diseño de estrategias de conservación es un eje primordial para proponer medidas preventivas en el manejo de los recursos naturales y así salvaguardando la biodiversidad (March, Carvajal, Vidal, Román y Ruiz, 2009).

### **2.14 Marco legal**

La presente investigación está basada en bioindicadores de calidad ambiental en ecosistemas alto-andinos de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu, cuya protección está respaldada por un conjunto de leyes y normativas reflejadas en la constitución, tratados internacionales, código orgánico del ambiente, texto unificado de legislación ambiental secundaria del ministerio de ambiente y ordenanza municipal del cantón Otavalo para la declaratoria del área ecológica de conservación del taita Imbabura.

La investigación contemplará todos los cuerpos legales de tal manera que las actividades investigativas generen un mínimo impacto ambiental y contribuyan al conocimiento de los anuros como bioindicadores de calidad ambiental. A continuación, se detallan los estatutos legales mediante, cuya perspectiva se ejecutará la investigación.

- **Constitución del Ecuador 2008**

El estado en la constitución de la República del Ecuador establece leyes fundamentales que amparan los derechos y obligaciones. Los artículos vinculados a los derechos de la naturaleza y biodiversidad son el Art. 14 declarando de interés público la preservación del ambiente, conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. Así como también en el Art. 400 indica, que el estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad y la conservación de la misma y de todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre, el Art. 405 señala

que, el sistema nacional de áreas protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

- **Tratados Internacionales**

Ecuador forma parte de algunos tratados internacionales siendo uno de ellos el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), donde es una prioridad la diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos. Los artículos que se dirigen a la investigación son:

**Art. 6.** Medidas generales a los efectos de la conservación y la utilización sostenible.

a) Elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada; y b) Integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales.

**Art 7.** Identificación y seguimiento

b) Procederá, mediante muestreo y otras técnicas, al seguimiento de los componentes de la diversidad biológica identificados de conformidad con el apartado a), prestando especial atención a los que requieran la adopción de medidas urgentes de conservación y a los que ofrezcan el mayor potencial para la utilización sostenible.

**Art. 8.** Conservación *in situ*.

a) Establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica (Organización de Naciones Unidas, 1992).

d) Promoverá la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales.

- **Código Orgánico del Ambiente**

**Art.-57.** número 8, de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce como derecho de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, el de conservar y promover sus

prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad.

**Art.-73** de la Constitución de la República del Ecuador describe que el Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

**Art.- 400 y 404** de la Constitución de la República del Ecuador, en el ámbito de la protección de la naturaleza y de los recursos naturales, respectivamente, establecen que la biodiversidad, su conservación y la de sus componentes, son de interés público; así como el patrimonio natural del Ecuador, comprendido entre otras por las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación, recuperación y promoción.

**Art.- 406** de la Constitución de la República del Ecuador describe que el Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.

**Art.- 409** de la Constitución de la República del Ecuador declara que es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona;

Título III Objetos, ámbitos y fines

Capítulo I Conservación ex situ

Libro Preliminar

**Art. 64.-** Conservación y manejo ex situ. La conservación ex situ procurará la protección, conservación, aprovechamiento sostenible y supervivencia de las especies de la vida silvestre, a fin de potenciar las oportunidades para la educación ambiental, la investigación y desarrollo científico, desarrollo biotecnología y comercial de los componentes de la biodiversidad y sus productos sintetizados.

## Título VI Régimen forestal nacional

### Capítulo IV Formaciones vegetales naturales, paramos, matorrales, manglares y bosques

#### Patrimonio forestal nacional

**Art. 99.-** Conservación de páramos, matorrales y manglares. Será de interés público la conservación, protección y restauración de los páramos, matorrales y ecosistema de manglar. Se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo, de conformidad con la ley. Las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos participarán en el cuidado de estos ecosistemas y comunicarán a la autoridad competente, cualquier violación o destrucción de los mismos.

## Libro tercero de la calidad ambiental

### Título II Sistema único de manejo ambiental

#### Capítulo III Regularización ambiental

##### Régimen institucional

**Art. 172.-** Objeto. La regularización ambiental tiene como objeto la autorización de la ejecución de los proyectos, obras y actividades públicas, privadas y mixtas, en función de las características particulares de estos y de la magnitud de sus impactos o riesgos ambientales. Para dichos efectos, el impacto ambiental se clasificará como no significativo, bajo, mediano o alto. El Sistema Único de Información Ambiental determinará automáticamente el tipo de permiso ambiental a otorgarse.

### **Capítulo V Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos**

**Art. 190.-** De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal

manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración.

**Art. 191.-** Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto.

- **La Ordenanza Municipal del Cantón Otavalo para la Declaratoria del Área Ecológica de Conservación del Taita Imbabura**

**Artículo 3.-** La categoría de manejo del área es “**Área Ecológica de Conservación**”. Su objeto es conservar las fuentes de agua, paisajes, elementos naturales de interés regional o local. Permite proteger los ecosistemas naturales y realizar otras actividades como la investigación científica, la educación ambiental, la recuperación de zonas degradadas y el turismo. Adicionalmente las actividades agrícolas y ganaderas sustentables y tradicionales de la población local son aceptables en esta categoría de manejo.

**Artículo 4.-** La planificación, manejo, administración, protección y control del área está a cargo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de Otavalo, Ibarra y Antonio Ante, y se regirá por las disposiciones del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, COOTAD, esta Ordenanza, el Plan de Manejo y demás leyes y normas que sean aplicables.

**Artículo 7.-** Las actividades extractivas de recursos naturales renovables y no renovables que hayan sido permitidas por la autoridad competente, de conformidad al Art. 407 de la Constitución de la República, serán controladas dentro del área con fines de prevención de contaminación ambiental y de preservación del ecosistema.

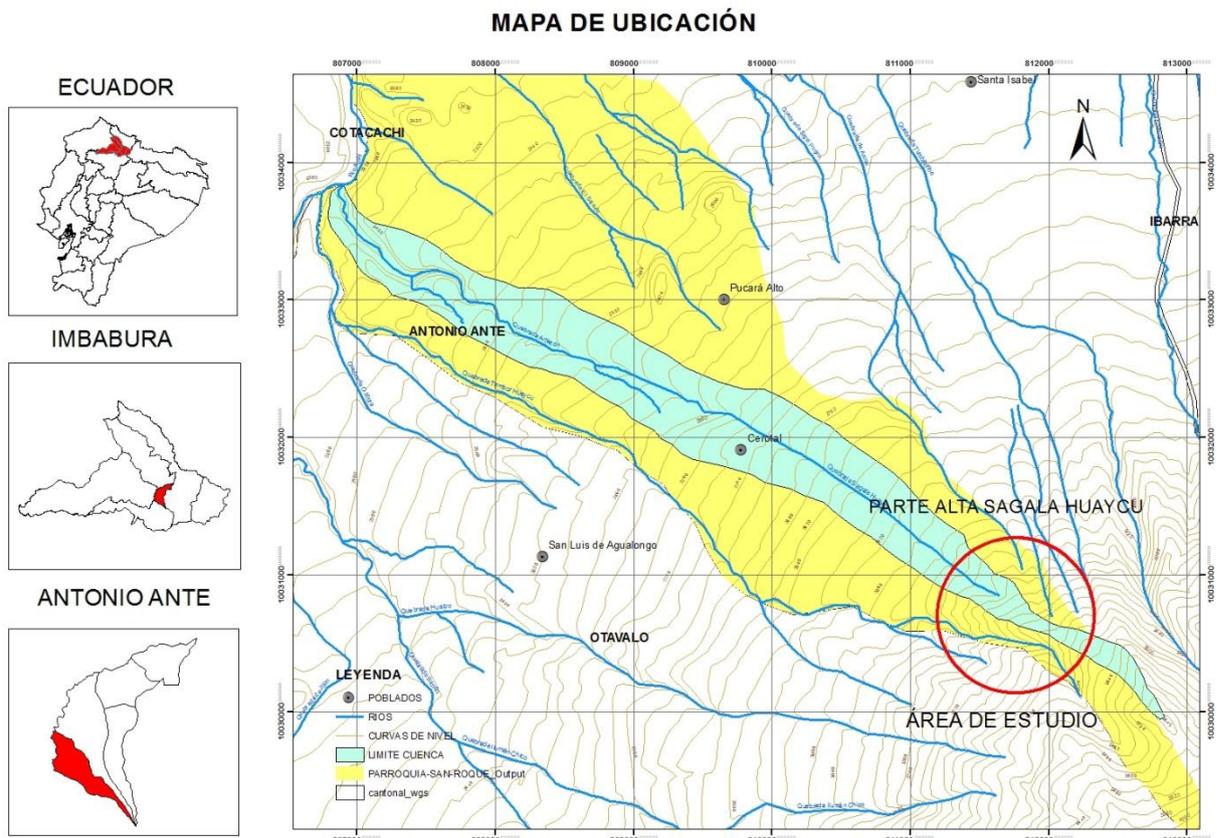
## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

Ésta investigación determina la diversidad de anuros, distribución espacial y calidad ambiental, en la cual se emplea el método científico inductivo que se ajusta al desarrollo del estudio que éste necesita para validarlo a través de las observaciones y registros para su posterior análisis e interpretación.

#### 3.1 Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu de la parroquia San Roque perteneciente al cantón Antonio Ante en la provincia de Imbabura (Figura 3).



**Figura 3.** Mapa de ubicación de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu

**Fuente:** Información cartográfica IGM

Tiene una extensión de 312 Ha, las cuales están distribuidas en un gradiente altitudinal que va desde los 2 800 a los 4 600 m.s.n.m., sus límites son: al norte el cantón Antonio Ante, al sur el cantón Otavalo, al este el cantón Cotacachi y al oeste el cantón Ibarra. De acuerdo a Sierra *et al.* (1999) pertenece a una formación ecológica (Bosque siempre verde montano alto (*bsv MA*) y Matorral húmedo montano (*mh M*)).

### 3.2 Materiales y equipos

En la Tabla 1 se describen los materiales y equipos que se emplearon en la realización de la investigación, los cuales permitieron el desarrollo tanto en la fase de campo como en la fase de gabinete.

**Tabla 1.** Lista de materiales, equipos y software usados en la investigación

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de oficina</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara fotográfica (Pentax kx)</li> <li>• GPSmap Garmín 64S</li> <li>• Linternas led (Cabeza, mano)</li> <li>• Cinta métrica, rollo de piola</li> <li>• Fundas plásticas transparentes, recipientes de plástico y vidrio</li> <li>• Guantes de látex</li> <li>• Barreno (extractor de muestra de suelo)</li> <li>• Libreta de campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadoras Laptop ACER</li> <li>• Software libre Arc-Gis</li> <li>• Software: Estimates, Past</li> <li>• Libros y guías de anfibios y reptiles ecuatorianos</li> <li>• Papel Documento A4</li> <li>• Impresora</li> </ul>

### 3.3 Métodos

La investigación está dividida en dos fases, la fase de campo en la que incluye las salidas de observación y muestreo de los factores bióticos y abióticos mencionados en los objetivos y la fase de oficina o gabinete en donde se procesa todos los datos obtenidos aplicando los

diferentes índices para obtener los resultados con los cuales se podrá cumplir los objetivos planteados.

### 3.4 Caracterización y selección de sitios de estudio

Para seleccionar los sitios de muestreo se consideró la extensión de vegetación del lugar y sus diferentes grados de perturbación como áreas agrícolas, áreas de pastoreo, cercas, vías de acceso y asentamientos humanos, (Figura 4). Para una visualización generalizada del área de estudio se empleó una ortofoto de la provincia de Imbabura 2015, en la que se puede visualizar la cobertura vegetal en dónde se diferencié tres zonas y sus tipos de hábitat, además se realizó un mapa de uso y cobertura vegetal (Anexo 1), en el que se puede ver las actividades las cuales está siendo empleada la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu.

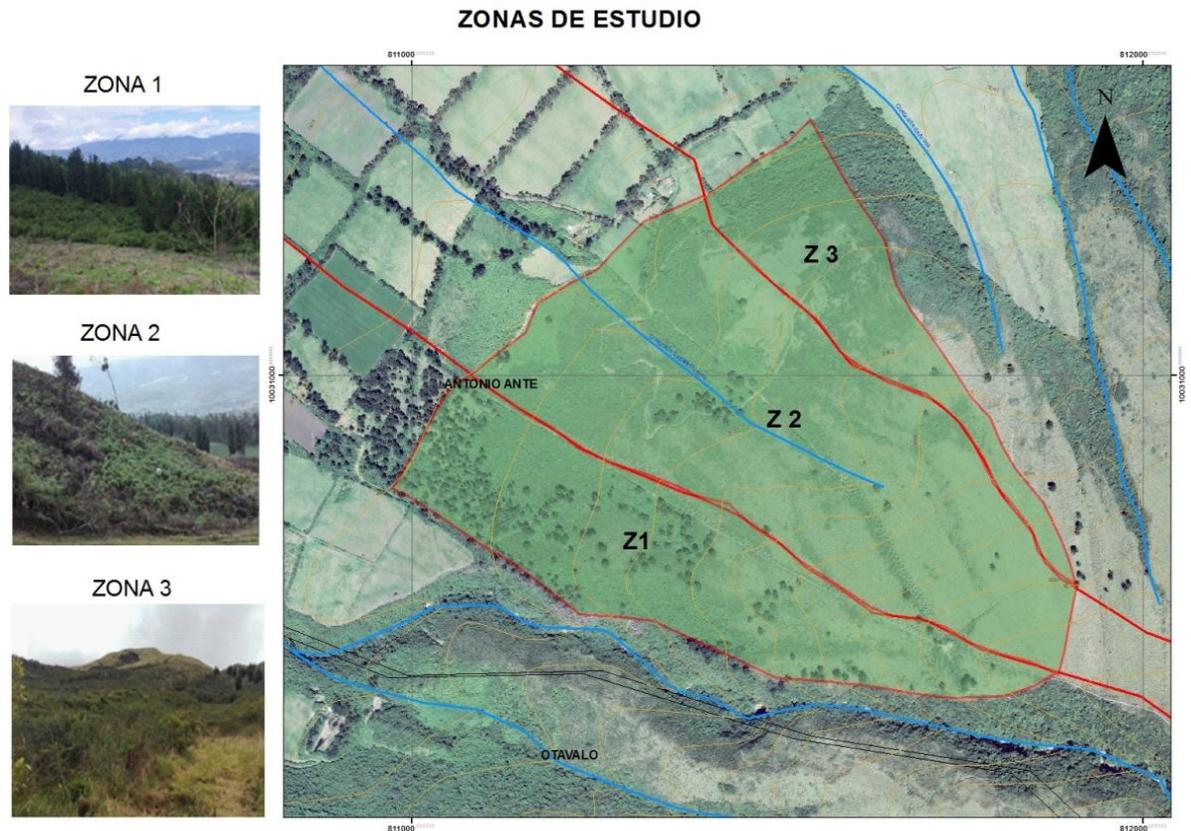
Cada unidad de muestreo fue ubicada en el área de estudio tomando en cuenta criterios como la pendiente del terreno y la accesibilidad, se seleccionó un total de diez transectos, seis en época ecológicamente seca y cuatro en la época ecológicamente lluviosa, muestreando en un período de dieciocho días Armijos y Patiño, (2009).



**Figura 4.** Descripción del estado de la zona de estudio.

La zona uno, se ubica a la derecha con respecto a la parte alta de la microcuenca, comprende un hábitat de bosque de pino, con presencia de vegetación arbustiva intervenida en su mayor parte. La zona tres, se ubica a la izquierda con respecto a la parte alta de la microcuenca que comprende a un hábitat de vegetación natural arbustiva poco intervenida, y la zona dos que se

ubica en la parte intermedia de las zonas anteriores que corresponde a la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu, tiene un hábitat de bosque de vegetación natural arbustiva e intervenida por áreas agrícolas, áreas de pastoreo, vías improvisadas de acceso de maquinaria agrícola entre otros (Figura5).



**Figura 5.** Zonas de estudio: zona1, zona 2, zona 3.

**Fuente:** Información cartográfica IGM, ortofoto 2015-2016

### 3.5 Determinación de diversidad de especies

Para muestrear la diversidad de anuros de las diferentes áreas de estudio se aplicó la metodología de transectos lineales propuesta por Lips, (2001). Que consiste en recorrer 250 m de largo por una banda de 2 m, distribuidos en cada zona de estudio (Figura 6). Tomando en cuenta que en ciertas fases se utilizó el método estandarizado para el muestreo de anfibios denominado relevamiento por encuentros visuales propuesto por Heyer *et al.* (1994), debido a la topografía irregular del lugar, el cual consiste en caminar libremente buscando todos los individuos que se encuentren en el camino removiendo troncos, ramas, hojas, plantas, etc.



**Figura 6.** Aplicación de las técnicas de muestreo.

### **3.5.1 Intensidad y esfuerzo de muestreo**

El estudio tuvo una duración de siete meses, muestreando un total de treinta transectos en quince salidas de campo de las cuales dieciocho se muestrearon en época seca entre (junio hasta mediados de octubre 2017), y doce en época lluviosa entre octubre y diciembre del 2017, realizando un muestreo de tres días seguidos y dieciocho días hábiles para cada zona. Las horas establecidas para el muestreo de los anuros fueron de 17h:00 de la tarde a 20h:00 de la noche y de 21h:00 a 00h:00 de la noche, por parte de dos observadores dando como resultado ciento ochenta horas hombre por salida, dando un total de trecientas sesenta horas por los dos investigadores durante el proyecto.

### **3.5.2 Captura e identificación de especímenes**

Se realizó la búsqueda, la observación, captura manual y liberación de los especímenes en los diferentes horarios establecidos de la tarde y noche, tomando en cuenta el protocolo de bioseguridad y cuarentena para la prevención de transmisión de enfermedades en los anuros propuesta por Aguirre y Lampo, 2006. Éstos consisten en manipular los ejemplares sin tener el investigador heridas cutáneas, con las manos limpias y equipos o instrumentos desinfectados, también sugieren no tocar anuros moribundos o cadáveres (Angulo y Marca, 2006). Los datos obtenidos fueron registrados en fichas de campo (Anexo 2 y 3) recopilando información según los siguientes pasos:

- Nombre del observador: persona encargada de la captura y manipulación
- Fecha del muestreo: día, mes y año de la realización del muestreo
- Características del sitio de muestreo: zona de estudio.
- Hora inicio y hora fin del muestreo
- Coordenadas geográficas UTM del espécimen
- Número de fotografía
- Número de transecto

### 3.5.3 Toma de muestras de suelos

Se tomaron muestras de suelo sobre las tres zonas establecidas con el propósito de usarlas como indicadores del efecto negativo del uso de residuos de productos agroquímicos, labores las cuales están dando inicio de manera acelerada en el área de estudio.

La superficie de suelo establecido para la toma de la muestra según los protocolos fue aplicada de la siguiente manera, en primera instancia despejando residuos de vegetación, arbustos, hierbas o restos de cultivos con la finalidad de obtener resultados sin ningún tipo de sesgamiento de información. Se utilizó un barreno (Figura 7), hasta la profundidad de 20cm de suelo (Garrido, 1998).



**Figura 7.** Toma de muestras de suelo implementando un barreno.

En un recorrido de zigzag se recolectó 14 sub muestras cada 10 m, se homogenizó, y se formó una muestra compuesta de suelo por zona experimental. Las muestras representativas de cada zona fueron colocadas en fundas ziploc y debidamente etiquetadas para posteriormente ser enviadas al laboratorio para el análisis químico del suelo. Los datos de la etiqueta que se incluyeron fueron: lugar, número de zona y análisis solicitados (Figura 8), en concordancia con los requerimientos del Laboratorio (CENTROCESAL Cía. Ltda.).



**Figura 8.** Muestras de suelo tomadas de las tres zonas de estudio debidamente etiquetadas.

### **3.5.4 Toma de muestras de agua**

Se tomó dos muestras de agua, una en la parte alta en dónde nace la vertiente y otra en la parte baja en donde el agua se une luego de haber recorrido varios sistemas de uso (Figura 9). Se utilizó una botella de plástico o garrafón, a la que se le realizó tres enjuagues antes de su uso (purga) con el fin de evitar una posible contaminación a la muestra.

La botella fue sumergida de 15 a 20 cm dentro del agua, colocando con la boca de la botella hacia arriba y en dirección contraria a la corriente, formando ángulo de 45°. La botella se movió lentamente en dirección contraria a la corriente mientras se esperaba a su llenado. En los datos de la etiqueta se registró: lugar, fecha, número de zona y coordenadas UTM;



**Figura 9.** Muestra de agua tomada en la zona de estudio

y demás requerimientos en concordancia con el laboratorio EMAPA-I; para la evaluación del estado actual del agua, mediante los análisis fisicoquímicos (Radiol, 2009).

### **3.6 Diversidad**

La diversidad se puede estudiar a diferentes niveles, el primero de ellos el índice alfa, es decir la diversidad local que representa el número de especies en un área prescrita. El nivel de diversidad beta que se refiere a la tasa de recambio de especies conforme nos movemos de una comunidad a otra o a lo largo de un gradiente ambiental y altitudinal (Journal y Conscience, 2008).

#### **3.6.1 Índices de diversidad $\alpha$**

La estimación matemática de los datos obtenidos en el muestreo ha consistido en la aplicación de 2 índices de diversidad; como inicio se analizó la diversidad específica y sus componentes para cada sitio mediante el índice Shannon, para estimar la diversidad biológica de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies y el índice de Margaleff en función del número de individuos existentes en la muestra analizada (Margaleff, 1969). Una vez concluida la elaboración de tablas y cálculos, se procedió a realizar la interpretación y análisis.

## Índice de Shannon Weaver

Shannon Weaver mide la biodiversidad de un lugar específico (abundancia y riqueza), para calcular este índice hay que conocer el número de especies y el número de individuos por especie (Magurran, 1987). Este índice califica con un rango de 1 - 5, siendo el rango normal entre dos y tres, números superiores se consideran de alta biodiversidad (Bosques húmedos tropicales) y contrario valores menores de dos una baja diversidad que pueden llegar a ser (ecosistemas de características desérticas) (Moreno, 2001). La fórmula es:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

### Dónde:

$H'$  = contenido de la información de la muestra o índice de diversidad

$\Sigma$  = sumatoria

$\log$  = logaritmo natural

$p_i$  = proporción de la muestra ( $n_i/n$ ), que representa el número total de individuos de una especie ( $n_i$ ) dividido para el número total de individuos de todas las especies ( $n$ ).

## Índice de Margaleff

Este índice permite estimar la riqueza de las áreas de estudio, este índice no toma en cuenta el valor de las especies solo considera el número total de individuos registrados, mide la diversidad de una comunidad en base a la distribución de los individuos (Margaleff, 1969). La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$I = (S-1)/\ln N$$

### Dónde:

$I$  = A la biodiversidad

$S$  = Al número de especies presentes

$N$  = Al número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies)

### 3.6.2 Índice de diversidad $\beta$

Éstos índices se emplean principalmente para estudiar la heterogeneidad del paisaje, también han sido utilizados para evaluar el efecto de incorporar una comunidad diferente a un espacio protegido o de aumentar la superficie de éste. Además, se puede emplear en una escala temporal, para analizar la tasa de cambio de las comunidades a lo largo de una sucesión ecológica (Molina y Botánica, 2006).

#### Índice o coeficiente de similitud de Jaccard

El índice o coeficiente de similitud Jaccard es utilizado para conocer el grado de conectividad entre hábitats, su estimador considera intervalos de 0 a 1, los valores van desde (0) cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta (1) cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. A medida que existe mayor distancia entre las zonas de estudio, menor será el grado de similaridad (Calderón, Moreno y Zuria, 2012). Para el cálculo de este indicador se aplica la siguiente fórmula:

$$IJ = C / A + B - C$$

#### Dónde

$A$  = Número de especies presentes en la comunidad A

$B$  = Número de especies presentes en la comunidad B

$C$  = Número de especies comunes en ambas comunidades A y B

### 3.7 Índice de prioridades de conservación (SUMIN)

El estado de conservación de las especies de anuros para la zona alta de la microcuenca Sagala Huaycu fue evaluado mediante el Índice de Prioridades de Conservación SUMIN.

Se evaluaron ocho variables consideradas importantes para la supervivencia de los anuros (Tabla 2). La información de las variables se obtuvo de fuentes bibliográficas como son: Distribución Continental de la base de datos del Global Biodiversity Information (GBIF),

para Distribución Nacional, Tamaño Corporal, Amplitud Trófica, Abundancia y Singularidad Taxonómica se utilizó libro de anfibios del Ecuador (Valencia *et al*, 2008).

El grado de protección de la especie y la variable de amplitud de uso de hábitat se obtuvieron de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Se sumaron todos los valores otorgados de cada variable y se obtuvo el índice (SUMIN). Los valores más altos indican una necesidad de conservación mayor para la especie y los valores bajos que indican una necesidad menor en la categoría de conservación.

**Tabla 2.** Variables Evaluadas en el Índice de Prioridades de Conservación

Nº	VARIABLES	VALOR 0	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR 4
1	Distribución Continental (DICON)	Todo el continente	Aproximadamente la mitad	menos de la mitad	Restringida	
2	Distribución Nacional (DINAC)	Todo el País	Aproximadamente la mitad	menos de la mitad	Muy localizada o endemismo	Micro endemismo
3	Amplitud de uso de Hábitat (AUHA)	Puede usar 3 o más ambientes	Puede usar 2 ambientes	Puede usar un ambiente		
4	Potencial Reproductivo (POTRE)	>1000 huevos	100-999 huevos	< 99 huevos		
5	Tamaño corporal (TAM)	Menor de 3cm	De (3 a 5)cm	Mayor de 7cm		
6	Abundancia (ABUN)	Abundante	Común	Poco común	Rara	
7	Singularidad Taxonómica (SINTA)	Pertenece a un género con más de 4 especies	Pertenece a un género de 2 a 4 especies	pertenece a un género monotípico	Pertenece a una Familia monotípica	
8	Grado de Protección de la especie (UICN)	Preocupación menor	Datos insuficientes	Vulnerable	En peligro	Crítico

**Fuente:** Díaz y Ortiz, (2003).

### 3.8 Índice de evaluación de calidad de anfibios para humedales (IECA)

Este índice mide la tolerancia o adaptabilidad de los anfibios a los disturbios de sus hábitats dando un coeficiente numérico de 1 a 10, los números más bajos indican las especies que se adaptan a un mayor grado de perturbación y una amplia gama de características del hábitat (Tabla 3). Las especies asignadas con cifras más altas son consideradas sensibles a las perturbaciones y que tienen más requerimientos específicos de hábitat. (Micacchion, 2002).

**Tabla 3.** Categorías de adaptabilidad y tolerancia de los anfibios.

<b>Especie</b>	<b>Coeficiente</b>
<i>Bufo</i> spp.	1
<i>Hyla versicolor</i> y <i>Hyla chrysoscelis</i>	5
<i>Pseudacris crucifer</i>	2
<i>Pseudacris triseriata</i>	3
<i>Lithobates catesbeianus</i>	2
<i>Lithobates clamitans</i>	3
<i>Lithobates pipiens</i>	2
<i>Lithobates sylvatica</i>	7

**Fuente:** Micacchion, (2002).

### 3.9 Índice de perturbación humana (IPH)

Para identificar los impactos, modificaciones o perturbaciones antrópicas en cada zona de estudio (zonas de influencia y parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu) se utilizó el índice de Perturbación Humana la cual fue establecida y modificada de (Kepfer, 2008).

Las actividades antrópicas evaluadas en las zonas de vegetación natural (Tabla 4), fueron: deforestación de la zona o remoción de la vegetación nativa, alteración del paisaje natural, Invasión de plantas exóticas, presencia de incendios forestales siendo los problemas encontrados en el momento de la investigación.

**Tabla 4.** Actividades antrópicas evaluadas en las zonas de vegetación natural.

<b>Actividad Antrópica</b>	<b>Relevancia</b>
Deforestación de la zona o remoción de la vegetación nativa	Pérdida de la vegetación por tala extractiva para usos no comerciales.
Alteración del Paisaje natural	Transformación de zonas de vegetación nativa a campos de aprovechamiento agrícolas.
Invasión de plantas exóticas	Alteración del hábitat por introducción de plantas exóticas y pérdida de la vegetación nativa, causando inestabilidad de hábitats.
Presencia de incendios forestales	Actividad que causa impacto directo al ecosistema como pérdida de la biodiversidad. Existen cambios en la estructura y composición del ecosistema

**Fuente:** Kepfer, (2008).

En áreas cultivadas se pudo evidenciar el uso de agroquímicos, la mala disposición de desechos sólidos no reciclables, cercanía de vías de acceso y presencia de monocultivos como se puede apreciar en la Tabla 5. Los criterios a evaluarse tuvieron un valor de uno a diez, de acuerdo a la magnitud del impacto. Al sumaron los valores de cada criterio se obtuvo un valor total que es el índice de perturbación humana (IPH), los valores que se encuentran próximos a diez representan a sitios con mayor predominio de actividades antrópicas.

**Tabla 5.** Actividades antrópicas evaluadas en zonas de cultivo.

<b>Actividad Antrópica</b>	<b>Relevancia</b>
Uso de agroquímicos	Esta variable afecta a la calidad del suelo por el uso exhaustivo de productos químicos no degradables. Afecta los procesos de mineralización de la capa orgánica
Disposición de desechos sólidos no reciclables.	Impacto directo que puede afectar la estructura del hábitat. Mal disposición final de los desechos sólidos no reciclables generados por el uso de agroquímicos.
Cercanía de vías de acceso	La creación de vías de acceso produce impactos negativos al hábitat como: pérdida de la capa vegetal, sedimentación, interferencia en los corredores biológicos
Presencia de monocultivos	Este impacto reduce la fertilidad de los suelos y pérdida de la capa orgánica.

**Fuente:** Kepfer, (2008)

### **3.10 Matriz de priorización**

Para el desarrollo de la matriz, se consideró todos los criterios evaluados en la investigación, en el cual se identificó que ciertas áreas tienen problemas en el deterioro de hábitat esto debido a la deforestación y el avance de la frontera agrícola, se siguió el método utilizado por Quintero, Moya y Von (2013). En el cual pondera todos los problemas existentes y su afección al hábitat

#### **Propuesta de conservación con base al estado de conservación de las especies y estado del hábitat.**

La propuesta de conservación se desarrolló en base a los siguientes criterios obtenidos como resultado, de los objetivos planteados.

- Diversidad y estado de conservación de las especies
- Índice de prioridades de conservación (SUMIN)
- Índice de evaluación de calidad de anfibios para humedales (EICA)
- Índice de perturbación humana (IPH)
- Matriz de priorización

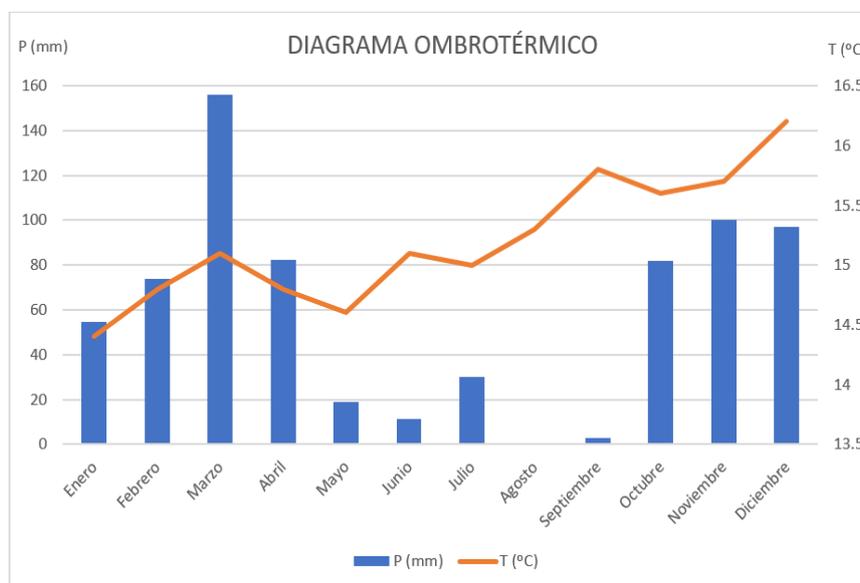
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se evidencian los resultados conseguidos durante todo el proceso de investigación de igual forma se deliberan discusiones que esclarecen el proceso de cumplimiento de los objetivos específicos inicialmente proyectados.

#### 4.1 Variables climáticas

Para la caracterización de los factores bióticos que en éste caso son los anuros, fue necesario determinar las actividades muestrales por épocas, por lo cual se generó un diagrama ombrotérmico con la recopilación de datos climáticos de la estación meteorológica del cantón Otavalo, registros que fueron facilitados a través del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2015). En la Figura 10 se puede observar el diagrama con escalas numéricas de temperatura y precipitación versus los meses del año, resultados gráficos generados con los que se delimitó el rango entre meses, de la época ecológicamente seca y ecológicamente lluviosa.

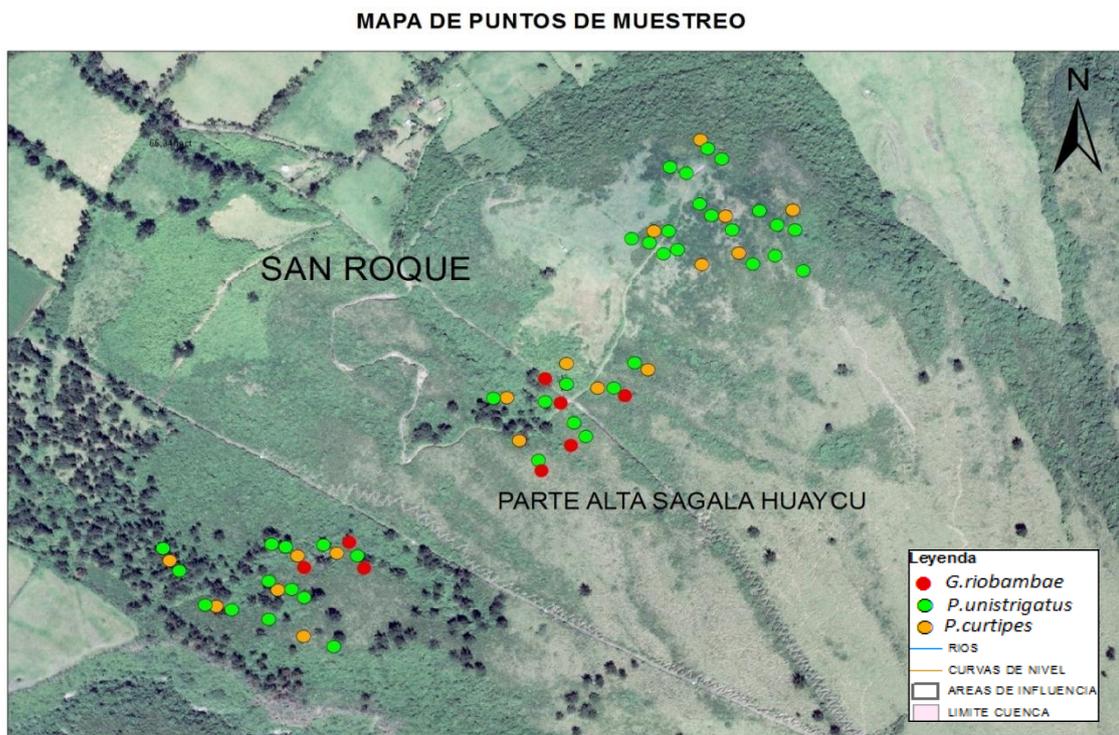


**Figura 10.** Diagrama ombrotérmico empleando datos de estación meteorológica Otavalo (2015).

Las salidas muestrales de campo fueron programadas desde inicios del mes de julio (época seca) y se puede observar un máximo de 30 mm de precipitación, y un rango de 15°C de temperatura en el día a 10°C de temperatura por la noche; éstos rangos fueron disminuyendo paulatinamente hasta mediados del mes de Octubre, fecha en donde se registró un aumento de hasta 80 mm de precipitación (época lluviosa), con el mismo rango de temperatura por la mañana pero con una baja de temperatura de hasta 6°C por la noche, rangos que fueron ascendiendo hasta el mes de Diciembre, fechas hasta donde fueron programadas las actividades de muestreo.

#### 4.2 Caracterización de anuros

Se realizaron los registros respectivos según el orden de muestreo (Figura 11), los cuales fueron enlistados de la siguiente manera: épocas, meses, coordenadas geográficas UTM, número de salida de campo, número de transectos y posteriormente ya obtenidos los registros se procedió al reconocimiento de las especies, mediante la sustentación de expertos herpetólogos de la Universidad Católica del Ecuador y listados fotográficos generados con estudios anteriormente realizados (Anexo 4).



**Figura 11.** Mapa de ubicación de las especies

**Fuente:** Ortofoto Imbabura 2015-2016

Se obtuvo un registro total de 66 individuos de anuros, 27 de ellos en la época ecológicamente seca y 39 en la época ecológicamente lluviosa, pertenecientes a tres especies agrupadas en dos familias.

#### 4.2.1 Identificación de especímenes

Se realizó una revisión preliminar de los ejemplares de la colección de herpetología de la página virtual BioWeb, y se procedió a la comparación y reconocimiento de los individuos registrados en el campo de estudio, dando como resultado las siguientes taxonomías, por parte de la familia Craugastoridae: *Pristimantis unistrigatus* y *Pristimantis curtipes* y de la familia Amphignathodontidae: *Gastrotheca riobambae*, datos que fueron validados mediante la investigación de características morfológicas, actividades y hábitats en el que desarrollan (Figura 12).



**Figura 12.** Especies de anuros registrada en la zona de estudio A) *Gastrotheca riobambae* B) *Pristimantis curtipes* C) *Pristimantis unistrigatus*

#### 4.3 Caracterización de suelo

Los resultados de laboratorio obtenidos, según los análisis de organoclorados (Anexos 5 y 7) previamente requeridos, evidenciaron una contaminación baja de productos agroquímicos plaguicidas que según los valores menores a 0,02 mg/kg como se observa en la Tabla 6, actúan como indicativos de una mínima contaminación, lo que se deduce que las tres zonas de estudio se encuentra en buen estado conservación.

**Tabla 6.** Resultados de análisis químicos de suelo, de las tres zonas de estudio.

<b>Muestra de Suelos Zona 1,2,3</b>	
<b>Análisis de Compuestos</b>	
<b>Organoclorados</b>	
<b>Compuesto analizado</b>	<b>Suelo mg/kg)</b>
$\alpha$ -HCH	<0,02
HCB	<0,02
$\beta$ -HCH	<0,02
$\gamma$ -HCH (lindano)	<0,02
$\delta$ -HCH	<0,02
Heptaclor	<0,02
Aldrin	<0,02
Cis-Heptacloropoxido	<0,02
Trans-heptacloropoxido	<0,02
Trans-clordano	<0,02
cis-clordano	<0,02
pp-DDE	<0,02
Dieldrin	<0,02
Endrin	<0,02
pp-DDD	<0,02
op-DDT	<0,02
pp-DDT	<0,02

**Fuente:** CENTROCESAL Cía. Lta, (2017).

La vida media de los organoclorados en el suelo es de 1 a 4 semanas como máximo, se biodegrada por la acción microbiana en productos como dióxido de carbono, agua, nitrógeno y ciertos fosfatos (Solomon *et al.* 2005). Al respecto, Racke *et al.* (1997), al comparar la degradación de los plaguicidas en condiciones tropicales y templadas, concluyeron que existía una mayor tasa de degradación en condiciones tropicales; de ahí que, dado que las actividades microbianas del suelo están fuertemente influenciadas por la temperatura y la humedad, la degradación del herbicida será mayor en suelos tropicales con temperaturas y pluviosidad más altas durante todo el año.

Gutiérrez (2007) menciona que los productos organoclorados son prácticamente inmovilizados por las partículas coloidales, con mínima probabilidad de transporte por lixiviación o arrastre por escorrentía. Adicional al análisis de suelo se realizó un mapa de tipo

de suelo de la parte alta de la microcuenca (Anexo 8) en donde se observa dos tipos de suelos en órdenes como mollisol e inceptisol.

#### 4.4 Caracterización del agua

Los resultados de los análisis físico-químicos del agua que se encuentran detallados en los Anexos 9 y 10 obtenidos en la parte alta del área de estudio, en donde nace la vertiente, se pudo evidenciar que el agua se encuentra en el rango normal permitido según la legislación ambiental vigente, la cual está siendo destinada en un 40% para el consumo humano de los habitantes de las comunidades.

La muestra N1 (Tabla 7) revela que el factor agua se encuentra con el PH en un grado ácido elevado y niveles de carbonato y bicarbonato más arriba del rango normal, su turbiedad es muy baja lo que aumenta las propiedades conductivas del agua y contiene un nivel normal de minerales según el resultado de la dureza total, y de los resultados del Magnesio y Calcio.

**Tabla 7.** Resultados de análisis físicos, químicos de agua, tomados en la parte alta de la zona de estudio.

<b>MUESTRA DE AGUA N1 SAGALA HUAYCU</b>				
<b>ANÁLISIS FÍSICOS</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Límite máximo permisible<sup>1</sup></b>	<b>Método del Ensayo</b>
<b>Color **</b>	Pt-Co	0	15	SM 2120B
<b>Ph</b>	upH	7,41	6-9	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H+B)
<b>Turbiedad**</b>	NTU	0,2	5	SM 2130B
<b>Conductividad**</b>	uS/cm	71,4	-	PEE-EMAPA-I-002(SM 2510B)
<b>Sólidos Totales</b>	mg/l	39	-	SM 2510 <sup>a</sup>
<b>Disueltos</b>				

---

**ANÁLISIS QUÍMICOS**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>Unidades</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Límite Máximo Permisible1</b>	<b>Método de Ensayo</b>
<b>Dureza Total**</b>	mg/l (CaCo3)	38,12	-	SM 2320C
<b>Magnesio (Mg)**</b>	mg/l Mg	4,65	-	SM 3500-MgB
<b>Calcio (Ca)**</b>	mg/l Ca	7,61	-	SM 3500-Ca B
<b>Alcalinidad</b>	mg/l	36	-	SM 2320B

**Fuente:** EMAPA I, (2017).

En los resultados de los análisis físico-químicos de la muestra N2 del agua (Anexos 11 y 12), revela que tiene un nivel de alcalinidad elevado lo que provoca que a través de la velocidad del agua el porcentaje cal se incremente y por ende la conductividad también y de éste modo el factor PH se eleve provocando la elevación de acides del agua (Tabla 8).

Hay que recalcar también que la demanda química de oxígeno se encuentra en un nivel bajo de presencia de materia orgánica, mientras que la demanda biológica de oxígeno se encuentra en un estado severo por lo que el agua no encuentra forma de oxigenarse naturalmente, debido a la topografía del cauce no hay oxigenación por la escaza cantidad de agua que baja, lo cual depende de la cantidad de las precipitaciones que existan de acuerdo a la época.

**Tabla 8.** Resultados de análisis físicos y químicos de agua, tomados en la parte baja de la zona de estudio.

---

**MUESTRA 2 SAN ROQUE**

---

**ANÁLISIS FÍSICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Límite máximo permisible1</b>	<b>Método del Ensayo</b>
<b>Ph</b>	upH	8,45	6-9	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H+B)
<b>Conductividad**</b>	uS/cm	315	-	PEE-EMAPA-I-002(SM 2510B)

---

## ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite Máximo Permisible <sup>1</sup>	Método de Ensayo
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	mg/l	14	40	PEE-EMAPA-I-003(Método HACH 8000)
<b>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)**</b>	mg/l	2	20	SM 5210
<b>Nitratos (No3)**</b>	mg/l	0,2	13	HACH 8039

Fuente: EMAPA I, (2017).

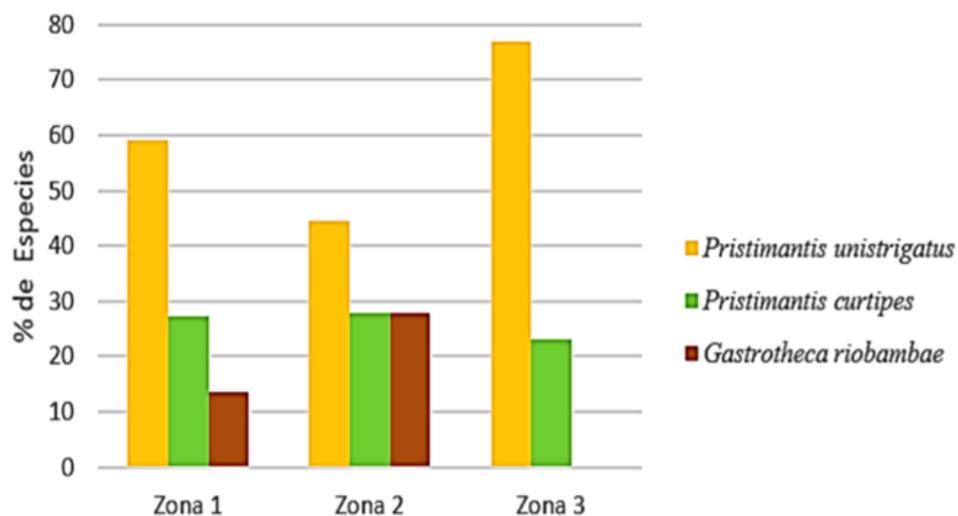
### 4.5 Riqueza y abundancia de especies

En la zona 1, que pertenece a un bosque de pino, se registraron 22 individuos, de tres especies pertenecientes a dos familias (Tabla 9). En el sistema agrícola perteneciente a la parte alta de la microcuenca se encontraron 18 individuos de tres especies correspondientes a dos familias. En la zona 3, que pertenece a un área de vegetación arbustiva natural, se registraron 26 individuos de dos especies pertenecientes una familia.

**Tabla 9.** Total de anuros por especie registrados en las zonas de estudio.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	# INDIVIDUOS POR ZONA			TOTAL DE INDIVIDUOS
			1	2	3	
<i>Pristimantis unistrigatus</i>	Cutín de Quito	Craugastoridae	13	8	20	41
<i>Pristimantis curtipes</i>	Cutín de Intac	Craugastoridae	6	5	6	17
<i>Gastrotheca riobambae</i>	Rana Marsupial	Amphignathodontidae	3	5	0	8
<b>TOTAL</b>			22	18	26	66

La familia más representativa de anuros es Craugastoridae con 58 individuos, de dos especies *Pristimantis curtipes* y *Pristimantis unistrigatus* seguida de la familia, Amphignathodontidae con 8 individuos de una especie *Gastrotheca riobambae*. En la Figura 13 se grafica los porcentajes de abundancia en general de las especies de anuros encontrados en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu.



**Figura 13.** Porcentaje de abundancia general de las especies registradas.

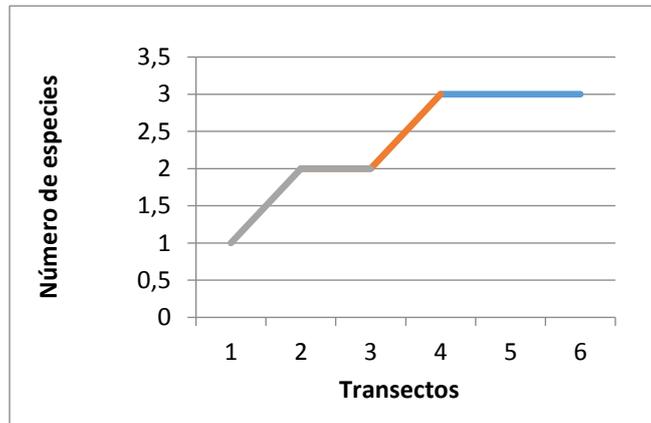
Las tres especies de anuros registradas en el presente estudio, representan el 0,71 % del total de anuros registrados en el Ecuador (BioWeb, 2017). Ramírez y Rodríguez (2011), señalan que los rangos altitudinales para el género *Gastrotheca* están desde los 2 400 a 4 300 msnm, éstas son ranas que se encuentran en matorrales interandinos, Bosque Montano Oriental, Occidental y páramo. De acuerdo a este estudio el 33.3 % de anuros han sido registradas en Bosque Montano Occidental.

Albán (2015), Bejarano y Yáñez (2013), Guevara (2011) y Yáñez (2007), mencionan que el rango altitudinal de *Pristimantis* está comprendido desde 2 750 a 4 400 msnm, ocupando los mismos pisos altitudinales del genero *Gastrotheca*, también mencionan que no es una especie endémica y es muy adaptable a cambios en el hábitat en el que se desarrollan. De acuerdo a estos datos, se refleja que el 66.6% de las especies registradas en el estudio corresponden a malos indicadores de calidad ambiental, también se ha registrado una especie en peligro de extinción *Gastrotheca riobambae* según la clasificación de la Unión Internacional de Conservación para la Naturaleza (UICN).

#### 4.6 Análisis de diversidad

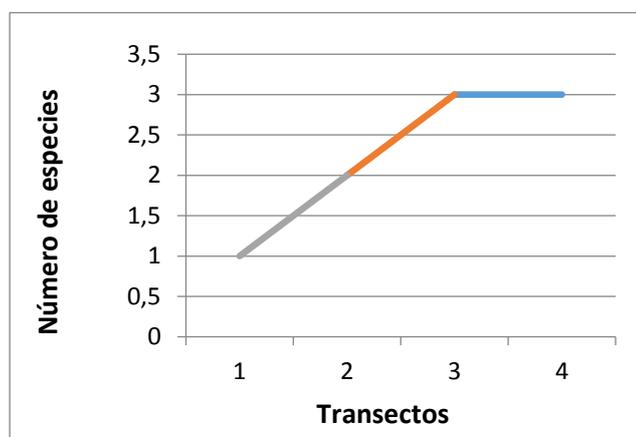
El análisis de los datos logrados en campo permitió determinar la curva de acumulación de especies la misma que muestra, que en la época seca se registró una cantidad de 3 especies de

anuros se observa que las especies fueron apareciendo desde el primer transecto y fueron avanzando gradualmente conforme a los transectos, se observó que la curva se estabilizo a partir del quinto transecto, sin posibilidad de obtener mayor cantidad especies pues no se registró nuevas especies en el sexto transecto (Figura 14).



**Figura 14.** Curva de acumulación de especies en época seca

El análisis de la curva de acumulación de especies en la época lluviosa (Figura 15) se determinó mayor cantidad a los anuros, sin embargo, en esta época no se encontró más de las tres especies registradas en la época seca, se puede apreciar en la curva que avanzó uniformemente con los transectos llegando a estabilizarse a partir del tercer transecto sin posibilidad de obtener mayor cantidad especies, pero con mayor abundancia de acuerdo a los registros por transecto.



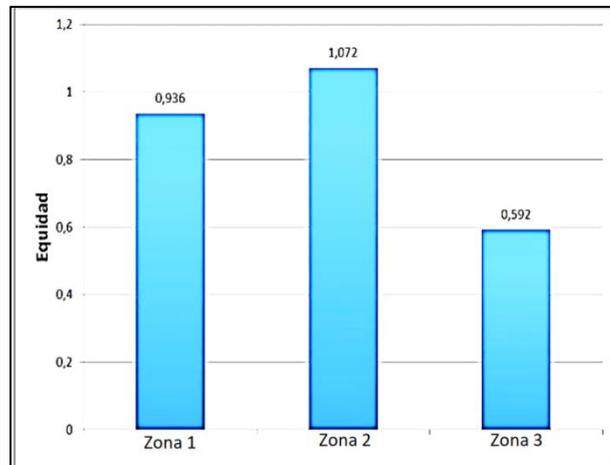
**Figura 15.** Curva de acumulación de especies en época lluviosa.

#### 4.7 Índices de diversidad $\alpha$ y $\beta$

Mediante la aplicación de las fórmulas correspondientes, se valoraron los índices, con el fin de obtener la diversidad y riqueza de las zonas de estudio. Los resultados fueron generados mediante la aplicación de cálculos matemáticos y la implementación del Software libre Past.

- **Índice de Shannon**

Con éste índice se generaron valores de distribución de cada especie y la uniformidad con la que se encuentran, en teoría Shannon se fundamenta en la posibilidad de encontrar un individuo al azar por unidad de muestreo. Conociendo que los valores de referencia están en un rango de 0,5 a 5 siendo lo normal entre 2 y 3, de los cuales los números inferiores a 2 se los considera de baja biodiversidad y mayores a 3 de alta biodiversidad, tenemos una baja diversidad en las tres zonas, a pesar de ser el área de la microcuenca la más alta en diversidad, no llega a los rangos establecidos de uniformidad, de acuerdo con la Figura 16.

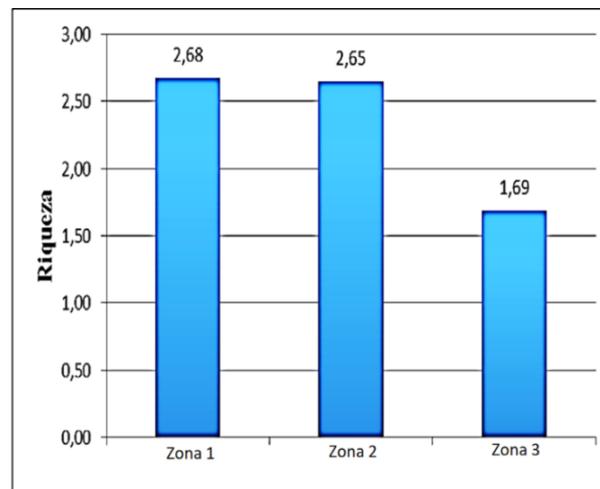


**Figura 16.** Índice de Shannon.

- **Índice de Margaleff**

Con éste índice se pudo evaluar la riqueza específica de las especies de las tres áreas de estudio, sabiendo que éste índice no toma en cuenta el valor de las especies sino el número total de individuos y mide la diversidad de acuerdo a la distribución de los individuos, se obtuvo el valor más alto para la zona de influencia 1, siendo la de riqueza más alta, con

respecto a las otras zonas, pero tomando en cuenta que de igual manera se obtuvo una baja diversidad de acuerdo a los rangos establecidos (Figura 17).



**Figura 17.** Índice de Margaleff.

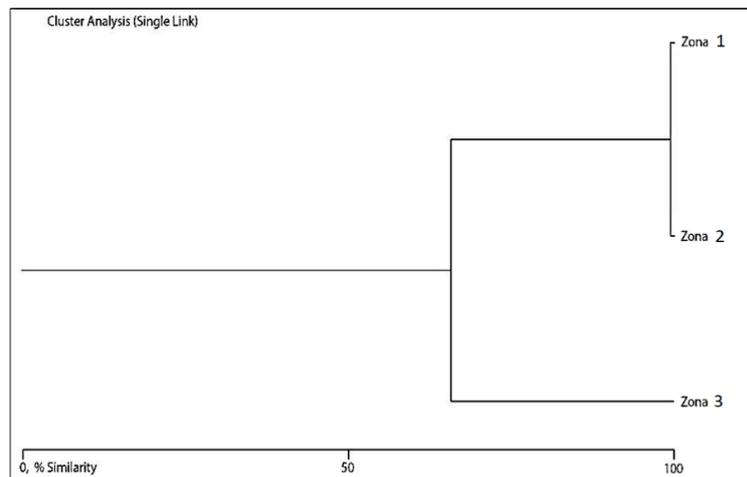
Las zonas de estudio que tienen menor número de especímenes podrían asociarse a la degradación del hábitat. En la zona 3, se registraron las especies *Pristimantis unistrigatus* y *Pristimantis curtipes* en donde la dominancia de la vegetación es arbustiva. Las investigaciones que presentaron mayor similitud con el presente estudio fueron: Guevara, (2011) quien registró las mismas tres especies en la reserva de vida silvestre Paschoa a este grupo se incluye a Lozano (2017), quien realizó un estudio de herpetofauna en el cantón Mejía registrando cuatro especies de anuros. Yáñez (2007), analizó la diversidad herpetofaunística en el sector de la virgen de la reserva ecológica Cayambe Coca obteniendo una similitud en las especies registradas, todos estos estudios resultaron con una diversidad baja de anuros, la deforestación, así como también el avance de vías de acceso es evidente a nivel nacional. Albán (2015), menciona que la interacción del aumento la temperatura con la humedad y la menor nubosidad puede afectar directamente a la sobrevivencia de las epifitas, de acuerdo a este estudio se puede corroborar la baja diversidad de anuros en la zona 2, pues la ausencia de epifitas es visible.

La zona 1 en donde la vegetación en su mayor parte está compuesta de un bosque de pino (*Pinus patula*) que es una especie introducida a la vegetación natural de la zona, ha ido desarrollado bajo sus copas el tipo de vegetación llamado sotobosque en el cual se desenvuelven diferentes formas de vida. Guevara (2011) y Valencia *et al.* (2008), mencionan que el género *Gastrotheca* puede establecerse en hábitats poco alterados; en el sotobosque se

distribuye en toda la zona norte y centro del Ecuador. Con éstas características establecidas se registró la presencia de la especie *Gastrotheca riobambae* en la zona 1, también obteniendo registros de *Pristimantis curtipes* y *Pristimantis unistrigatus*, dando como resultado una diversidad de anuros baja de las tres especies registradas.

- **Índice de similitud Jaccard**

En el análisis de agrupación jerárquica Jaccard basado en el análisis de clúster, reveló que la zona 1 y la zona 2 tienen una similitud de 100% debido a que las dos zonas comparten las mismas especies, a este grupo se integró la zona 3 con una similitud del 66%, pues comparte dos especies de las tres registradas (Figura 18).



**Figura 18.** Índice de Jaccard.

La alta similitud entre las zonas 1 y 2 ( $J=1,0$  o 100%), hace referencia a que se registraron las mismas especies entre las dos zonas, a este grupo se incorpora la zona 3 con una similitud de ( $J=0,66$  o 66.6%) siendo *Gastrotheca riobambae* la ausente en la zona 3 de las especies encontradas. Un estudio similar fue de Lozano (2017), quien al evaluar una quebrada con diferentes grados de perturbación en el cantón Mejía, reportó una similitud de ( $J=1,0$  o 100%) en las zonas 1 y 2 pues comparten las mismas especies a este grupo se les unió la zona 3 con una similitud ( $J=0,5$  o 50%) de las especies registradas.

Veintimilla *et al.* (2001), quienes al evaluar el ecosistema de paramo del Parque Nacional Podocarpus obtuvieron un ( $J=0,85$  o 85,8 %), de similitud considerando que comparten tres

especies en las zonas de estudio y es un mismo tipo de ecosistema influenciados por los mismos factores ambientales.

#### 4.8 Distribución espacial de los anuros

La presencia y ausencia de los anuros está en función de características ambientales como temperatura, precipitación, altitud y la más importante por las modificaciones de sus hábitats. Estos factores permiten conocer ciertos modelos generales de tres especies registradas como se pueden observar en la Figura 19.

Las coordenadas de cada punto que representan a la riqueza y abundancia de especies, están registradas por colores y distribuidas en las zonas de estudio, según su hallazgo, como se puede observar el color azul representa a la especie *P. unistrigatus*, el color amarillo corresponde a la especie *P. curtipes* y el color rojo a la *G. riobambae* (Anexo 13). La distribución de las especies fue de manera aleatoria (al azar) cada individuo se ubica en el espacio independientemente de la distribución de los demás individuos de la población (Duellman, 1999). Cada individuo busca un entorno idóneo para su subsistencia.

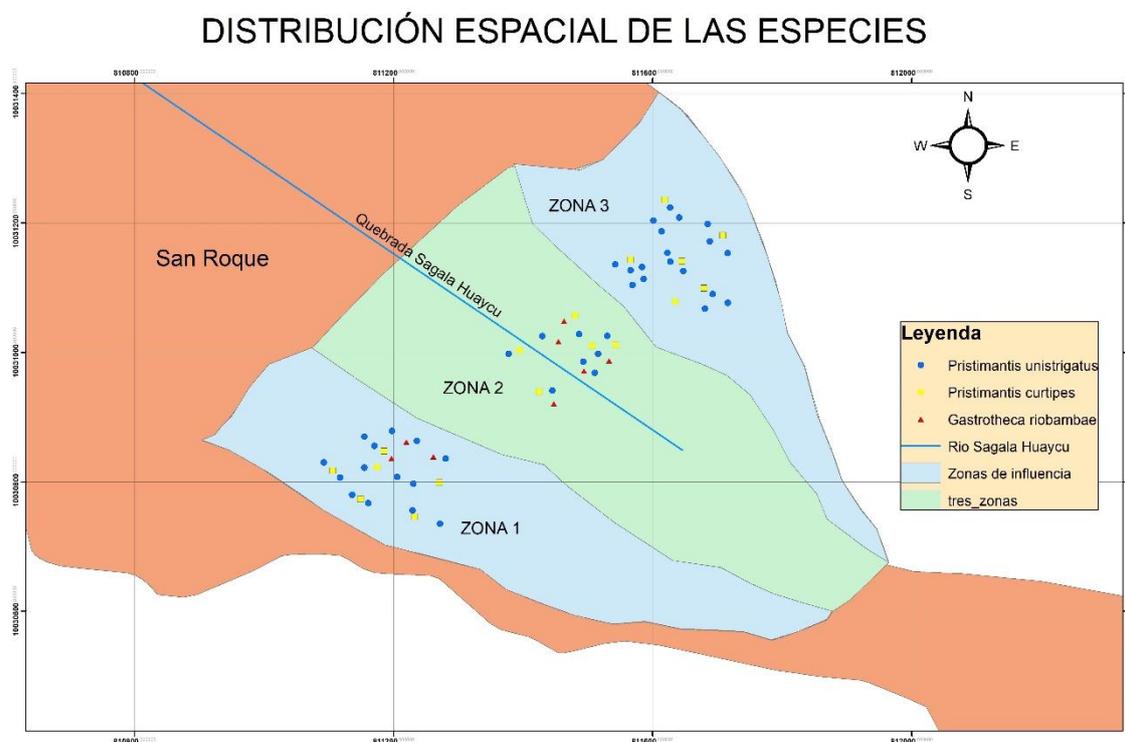


Figura 19. Distribución espacial de los anuros.

#### 4.9 Índice de perturbación humana (IPH) para hábitats de vegetación natural

En las zonas de vegetación natural los valores más altos en el índice de perturbación humana se obtuvieron en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu (Zona 2) con un porcentaje del (72,5%), los porcentajes más bajos en la zona 3 con el (45%), seguido de la zona 1 con (35%). Las actividades que generan un impacto a las zonas de vegetación natural son: deforestación o remoción de la vegetación nativa, alteración del paisaje natural y presencia de incendios forestales. En base al resultado obtenido la zona de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu tiene una categoría C, es decir tienen impacto severo en las zonas de vegetación natural (Tabla 10).

**Tabla 10.** Índice de perturbación humana en áreas de vegetación natural

<b>Criterio a evaluar</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona2</b>	<b>Zona 3</b>
Deforestación de la zona o remoción de la vegetación nativa	4	9	5
Alteración del paisaje natural	5	8	4
Invasión de plantas exóticas	2	4	7
Presencia de incendios forestales	3	8	2
<b>Total</b>	14	29	18
<b>Valor IPH (IPH/40*100)</b>	35%	72.50%	45%
<b>Categoría de impacto</b>	B	C	B

Impacto leve		Categoría A	0-33,3
Impacto moderado		Categoría B	33,4-66,6
Impacto severo		Categoría C	66,7-100

Fuente: Kepfer, (2008).

Las actividades antrópicas son las principales causantes de la degradación de los hábitats, en donde subsisten las distintas especies de anuros. Uno de los factores causantes de la degradación, es el sobre aprovechamiento del recurso suelo, en su mayoría relacionado con asentamientos humanos rurales, las cuales se dedican principalmente a actividades agrícolas

que afectan la diversidad no solo de anuros sino de otras formas de vida existentes. Este gradiente de perturbación fue determinado por medio de una observación directa y basándose en atributos cualitativos enumerados en las se obtuvieron los valores para la aplicación del IPH.

El valor más alto del Índice de Perturbación Humana (IPH) en el área de vegetación natural fue de (72.5%) que lo ubica en categoría de impacto severo (C) (Tabla 10), registrándole en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu, esto se debe principalmente a la remoción de la vegetación nativa, avance de frontera agrícola y la creación de vías de acceso, estos factores han provocado una extensa alteración tanto en el hábitat de los anuros y la modificación de las comunidades faunísticas.

#### 4.9.1 Índice de Perturbación Humana (IPH) para áreas cultivadas

En las zonas de cultivos los valores más altos en el índice de perturbación humana se obtuvieron en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu (zona 2) con un porcentaje del (65%), los porcentajes más bajos en la zona 2 (32.5%), seguido de la zona 1 con (22.5%) Las actividades que generan un impacto a las zonas cultivadas son: presencia de monocultivos, seguido de la disposición de los desechos sólidos y carencia de vías de acceso (Tabla 11). En base al resultado obtenido la zona de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu tiene una categoría B, es decir tienen impacto moderado en las áreas cultivadas.

**Tabla 11.** Índice de perturbación humana en áreas cultivadas

<b>Criterio a Evaluar</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>
Disposición de desechos sólidos no reciclables.	2	7	3
Uso de agroquímicos	1	5	0
Cercanía de vías de acceso	4	7	4
Presencia de monocultivos	2	8	6
<b>Total</b>	9	26	13
<b>Valor IPH (IPH/40*100)</b>	22.50%	65%	32.50%

<b>Categoría de Impacto</b>	A	B	A
-----------------------------	---	---	---

Impacto leve		Categoría A	0-33,3
Impacto moderado		Categoría B	33,4-66,6
Impacto severo		Categoría C	66,7-100

Fuente: Kepfer, (2008).

La zona de cultivo tuvo un IPH de (65%) el cual se ubica en categoría de impacto moderado (B) (Tabla 12), y se lo registro también en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu. Divine, Eza, Ogusuku y Furlong, (2008) mencionan que el uso constante de agroquímicos en los cultivos produce impactos directos al ecosistema como la pérdida progresiva de la diversidad, la degradación de suelos, y contaminación del agua. De acuerdo a este estudio en donde se observa como principal causante la presencia de mono cultivos, la mala disposición de los residuos sólidos y el uso de agroquímicos.

#### 4.10 Índice de prioridades de conservación (SUMIN) para la zona 1

El índice SUMIN para el conjunto de especies registradas en la zona1, alcanzó valores de 6-13, con media de 9,33 y una desviación estándar de 3,65. En el área se clasifico a una especie (33,33%) como prioridad máxima de conservación, y dos especies (66.66%) como no prioritarias para su conservación.

El resultado SUMIN para la zona 1 indican que *Gastrotheca riobambae* tiene prioridad máxima de conservación con un valor de SUMIN de 13, las especies con menor prioridad de conservación fueron *Pristimantis unistrigatus* y *Pristimantis curtipes*, con un valor SUMIN de 6 y 9 respectivamente como se puede apreciar en la Tabla 12. Cabe recalcar que se obtuvo los mismos valores de conservación SUMIN para las especies de anuros registradas en el área de estudio de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu. (Zona 2).

**Tabla 12.** Índice de prioridades de conservación SUMIN para la zona 1

N°	ESPECIES /Variables	(DICON)	DINAC	AUHA	POTRE	TAM	ABUN	SINTA	UICN	SUMIN
1	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	2	2	0	1	0	0	0	0	6
2	<i>Pristimantis curtipes</i>	3	2	2	1	0	1	0	0	9
3	<i>Gastrotheca riobambae</i>	3	4	1	1	0	2	0	3	13

Fuente: Reca *et al.*, (1994).

#### 4.10.1 Índice de prioridades de conservación (SUMIN) para la zona 3

El índice SUMIN para las especies registradas en la zona 3, obtuvo valores entre 6 y 9 y una media de 7,5 y una desviación estándar de 2,12. Dando como resultado 1 especie (50%) con categoría de atención especial y 1 especie (50%) con categoría no prioritaria de conservación. Los resultados indican que *Pristimantis curtipes*, es la especie con categoría de atención especial para la conservación, con un valor de SUMIN de 9 (Tabla 13). La especie de prioridad menor de conservación que obtuvieron un valor SUMIN de 6 es *Pristimantis unistrigatus* condición que se mantiene debida a su abundancia.

**Tabla 13.** Índice de prioridades de conservación SUMIN para la zona 2

N°	ESPECIES /Variables	(DICON)	DINAC	AUHA	POTRE	TAM	ABUN	SINTA	UICN	SUMIN
1	<i>Pristimantis unistrigatus</i>	2	2	0	1	0	0	0	0	6
2	<i>Pristimantis curtipes</i>	3	2	2	1	0	1	0	0	9

Fuente: Reca *et al.*, (1994).

Díaz y Ortiz (2003) y Maneyro y Langone (2001), sostienen que, de la aplicación del índice de prioridades de conservación, resultan valores importantes para la conservación de las especies, que asociados con otros factores importantes relacionados con la conservación ya sea su distribución o abundancia, permite una evaluación rápidamente el estado de conservación de las especies.

Para la aplicación de esta metodología se requiere que la información sobre cada especie se encuentre actualizada, con lo cual se evita sesgo en los resultados de la priorización. Este

método propuesto por Reca no sólo ha sido utilizado en anfibios sino en: reptiles (Vidal, 2004), mamíferos (Acosta y Murúa, 1999).

Los resultados obtenidos al aplicar el índice de prioridades de conservación SUMIN aplicados con el método Reca (Reca *et al* 1994), se puede observar que la única especie que alcanzó la categoría de prioridad máxima de conservación representando al 33,33% de las especies encontradas fue *Gastrotheca riobambae* esto debido a su restringida distribución, en la categoría de atención especial también existe una especie *Pristimantis curtipes* que representa de igual manera un 33,33% del total de los individuos registrados en el estudio, esta especie se encuentra en atención especial pues tiene una distribución nacional media y no fue muy abundante en la zona de estudio. Por otra parte, *Pristimantis unistrigatus* obtuvo la categoría de especie no prioritaria para su conservación pues su valor SUMIN fue inferior a la media, esto se debe a que tiene una buena distribución nacional, puede vivir en más de dos hábitats y fue bastante común en la zona de estudio.

#### 4.11 Estado de conservación

Según el estado de conservación de las especies registradas, categorizado por la Lista Roja de la UICN y la Lista Roja de los Anfibios del Ecuador, se pudo extraer información de las características del entorno en el que se desarrollan.

- *Pristimantis unistrigatus*



Figura 20. *Pristimantis unistrigatus*

El cutín de Quito, (Figura 20) especie que está en categoría de preocupación menor según la UICN, se lo puede encontrar en un rango altitudinal de 2 200 a 3 400 msnm en los valles andinos desde el sur de Colombia hasta el centro de Ecuador. En el Ecuador, se distribuye en las siguientes áreas protegidas: Reserva Ecológica El Ángel, la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas, Reserva Ecológica Cayambe-Coca, Reserva Geobotánica Pululahua, Parque Nacional Cotopaxi, Reserva Ecológica Los Illinizas, y Reserva de Producción Faunística Chimborazo.

Comúnmente esta especie se encuentra en pastizales, zonas boscosas y áreas cultivadas en los valles interandinos, en los regímenes sub templados, húmedos templados y húmedos (Lynch y Duellman, 1997). También se los ha registrado en pastizales, zanjas, arbustos, cultivos, bosques y áreas urbanas (Mueses, 2005). Durante el día debajo de rocas, tierra, madera, ladrillos o bajo la cubierta de hierba (Lynch y Duellman, 1980). La reproducción es todo el año por desarrollo directo y pone sus huevos en madrigueras excavado por las ranas. Se puede encontrar en hábitats muy perturbados, incluido el centro Quito (Mueses, 2005).

- *Pristimantis curtipes*



**Figura 21.** *Pristimantis curtipes*

El cutín de Intac, (Figura 21) especie que está en la lista de preocupación menor según la UICN, se lo puede encontrar en un rango altitudinal entre los 2 700 a 4 400 msnm en los Andes occidentales y orientales del Ecuador y en Pasto al Sur de Colombia en bosques

montanos y hábitats de páramo (Lynch, 1981). Se ha registrado en cultivos de gramíneas, en vegetación de páramo, vegetación arbustiva, se refugian bajo las rocas en suelos muy húmedos. Se reproducen por desarrollo directo y depositan los huevos debajo de las rocas.

En Ecuador, se distribuye en las siguientes áreas protegidas: Reserva Ecológica El Ángel, la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, la Reserva Ecológica Cayambe-Coca, la Reserva Ecológica Antisana, el Parque Nacional Llanganates, la Reserva Ecológica Los Illinizas, la Reserva de Producción Faunística Chimborazo y el Parque Nacional Cotopaxi.

- *Gastrotheca riobambae*



**Figura 22.** *Gastrotheca riobambae*

La rana marsupial Andina, (Figura 22) especie que está en la lista roja de la UICN en peligro de extinción, se la puede encontrar en un rango altitudinal de 2 200 a 3 500 msnm en los Andes y valles interandinos en el norte y centro del Ecuador desde Imbabura hasta el sur de Chimborazo (UICN, 2017), se distribuye en las siguientes áreas protegidas: Reserva Ecológica Cayambe-Coca, Reserva Ecológica Antisana, Parque Nacional Cotopaxi y la Reserva de Producción Faunística Chimborazo.

Alguna vez fue una especie común, pero ha sufrido disminuciones en gran parte de su rango. Se ha registrado en vegetación de bosques montanos, prados montañosos húmedos hasta las laderas rocosas secas, también en las plantas de agave y los campos de maíz. Comúnmente se las encuentra en humedales, arroyos, y zanjas de riego (Blackburn y Duellman, 2013).

#### 4.12 Índice de evaluación de calidad de anfibios (IECA)

Los resultados obtenidos al aplicar el Índice de Evaluación de Calidad de Anfibios para humedales (EICA), revelan que la especie *Gastrotheca riobambae* tiene un coeficiente de 6, *Pristimantis curtipes* tienen un coeficiente de 5 y *Pristimantis unistrigatus* con un coeficiente de 3 (Micacchion, 2002), con lo que se deduce que *Pristimantis unistrigatus* es una especie relacionada con una mala calidad ambiental debido a su facilidad para adaptarse a las modificaciones de hábitats, y por su abundante riqueza en la zonas de estudios, por otra parte *Gastrotheca riobambae* y *Pristimantis curtipes* (Tabla 14), son especies de una calidad ambiental media ya que no se adaptan con facilidad a las alteraciones y modificaciones del hábitat (BioWeb, 2017).

**Tabla 14.** Cálculo del índice de evaluación de calidad de anfibios

	<i>G. riobambae</i>	<i>P. curtipes</i>	<i>P. unistrigatus</i>
<b>Tolerancia</b>	6	4	4
<b>Adaptabilidad</b>	6	6	2
<b>Total</b>	12	10	6
<b>EICA</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

Fuente: Micacchion, (2002).

A través de las cifras generadas mediante la tabla de cálculo del Índice de Evaluación de Calidad de Anfibios para Humedales, se describió las acciones, así como actividades de supervivencia, tolerancia y adaptabilidad a las diferentes condiciones a las que están expuestos en el entorno en el que se desarrollan según la calificación asignada (Tabla 15).

**Tabla 15.** Descripción calificativa de las condiciones de adaptabilidad y tolerancia de los anuros

Especie	Cof.	Descripción
<i>Gastrotheca riobambae</i>	6	La especie no se adapta en ambientes perturbados fácilmente, busca remanentes de hábitats en buenas condiciones para la subsistencia.
<i>Pristimantis curtipes</i>	5	Esta especie se desplaza en búsqueda de hábitats en buenas condiciones de salud, prefiere hábitats méxicos (alto andinos).
<i>Pristimantis unistrigatus</i>	3	Esta especie en general tiene una buena tolerancia a las perturbaciones de hábitats y fácilmente se adapta a las condiciones ambientales que se presenta su entorno.

Fuente: Micacchion, (2002)

Micacchion (2002) obtuvo 4 especies medias y 6 especies malas de calidad de anfibios para humedales en su estudio realizado en Ohio. Al aplicar el Índice de Evaluación de calidad de Anfibios para Humedales (IECA) a los especímenes encontrados en la zona de estudio, se obtuvo que *Gastrotheca riobambae* una especie endémica del Ecuador, tiene un coeficiente de 6 considerándole una especie media en calidad de anfibios. Valencia *et al* (2008). Menciona que es una especie la cual se la puede encontrar en un número reducido en hábitats fragmentados.

*Pristimantis curtipes* tienen un coeficiente de calidad de anfibios 5, Alban, (2015), menciona que es una especie que se la registra en hábitats no muy degradados y que se adaptan a la fragmentación de los mismos en menor grado. Su abundancia es regular en el área de estudio pues fue la segunda especie más abundante.

BioWeb (2017), sostiene que *Pristimantis curtipes* prefiere elevaciones más altas en hábitats méxicos, mientras que *Pristimantis unistrigatus* prefiere elevaciones más bajas en hábitats xéricos, es una especie que indica una mala calidad ambiental pues obtuvo un coeficiente de 3, su adaptabilidad a las perturbaciones es buena de acuerdo con Lynch (1981). Es el único anfibio que habita en bosques interandinos de eucalipto. Además, se encuentra en pastizales, áreas cultivadas y zonas urbanas. Su abundancia fue relativamente alta en la zona de estudio.

#### **4.13 Propuestas de conservación**

Las propuestas de conservación fueron realizadas en base a los resultados obtenidos al aplicar la matriz de priorización que evaluó los problemas existentes en la microcuenca en relación directa a parámetros dependientes (Tabla 16).

**Tabla 16.** Valorización mediante matriz de priorización.

<b>Criterios</b>	<b>Deterioro del paisaje</b>	<b>Deterioro de Hábitats</b>	<b>Disminución de la Fauna</b>	<b>Erosión del suelo</b>	<b>Contaminación del agua</b>	<b>TOTAL</b>	<b>Prioridad</b>
<b>Problemas</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>		
<b>Deforestación</b>	3	3	2	1	1	10	2°
<b>Avance de la frontera agrícola</b>	2	2	1	2	1	8	3°
<b>Áreas agrosilvopastoriles</b>	2	2	2	1	1	8	3°
<b>Vías de acceso</b>	2	1	1	1	0	5	4°
<b>Incendios forestales</b>	3	3	3	2	1	12	1°

Elaboración: propia

<b>Ponderación</b>	
0	<b>Nula</b>
1	<b>Baja</b>
2	<b>Media</b>
3	<b>Alta</b>

A continuación, se presenta un conjunto de estrategias de conservación como una propuesta para la conservación de los recursos naturales de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu y también direccionadas a la supervivencia de las especies de anuros registradas durante el estudio.

#### **4.13.1 Estrategias de conservación mediante la educación ambiental**

El proyecto de Educación ambiental (Tabla 17), consiste en la capacitación de las comunidades pertenecientes a la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu, es decir: El Cerotal y Jatun Rumí, el proyecto tiene la finalidad de difundir la información obtenida en la investigación para crear una conciencia ambiental en la comunidad con el fin de que la población del lugar participe activamente con el cuidado y protección del ambiente. De igual manera se quiere crear una conciencia conservadora de los recursos naturales, eliminando así el uso indebido y excesivo como se lo presencia claramente en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu (Anexo 14).

## **Objetivos del proyecto de educación ambiental**

### **Objetivo general**

- Implementar un programa de educación ambiental dirigido a instituciones educativas y comunidades del sector, concientizando a la población en la importancia de conservación la flora y fauna nativa proponiendo un manejo sostenible de los recursos naturales evitando los incendios forestales

### **Objetivos específicos**

- Socializar la información de investigación en las comunidades de Cerotal y Jatun Rumí.
- Fomentar a la comunidad conocimientos de la diversidad e importancia de la Fauna en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu y la prevención de incendios forestales.

### **Meta del proyecto de educación ambiental**

Capacitar a las comunidades del Cerotal y Jatun Rumi en temas como: diversidad de anuros, el cuidado y protección de los hábitats, e importancia de la conservación de la vegetación nativa la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu. Con el fin de que la comunidad promueva y mantenga el uso sostenible de los recursos naturales y evite los incendios forestales.

**Tabla 17.** Desarrollo de la estrategia de educación ambiental

<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Actividad</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>	<b>Costo Referencial</b>
Socializar la información de investigación en las comunidades de Cerotal y Jatun Rumi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talleres de difusión de la investigación en las casas comunales.</li> <li>• Entrega de material didáctico.</li> </ul>	Asegurar que los habitantes de las comunidades Cerotal y Jatun Rumi adquieran conocimientos sobre la	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Comunidad</li> <li>• Academia</li> </ul>	1 mes	\$ 400
Fomentar a la comunidad conocimientos de la diversidad e importancia de anuros en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu y prevención de incendios forestales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación a líderes comunales sobre la importancia de los anuros en los hábitats.</li> <li>• Campañas de sensibilización a estudiantes de instituciones educativas del sector sobre prevención de incendios forestales.</li> </ul>	protección de hábitats con el fin de preservar anuros y el uso sostenible de los recursos naturales, contribuyendo a la protección del	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Comunidad</li> <li>• Academia</li> </ul>	2 meses	\$ 500
Impulsar el interés y la sensibilización de los habitantes al cuidado y protección de los recursos naturales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taller de capacitación de manejo sostenible de los recursos naturales.</li> <li>• Salida de observación de actividades antrópicas.</li> </ul>	ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Comunidad</li> <li>• Academia</li> </ul>	1 mes	\$ 400

#### **4.13.2 Estrategia de reforestación con especies nativas**

La reforestación es una herramienta primordial para la recuperación de la vegetación natural ocasionada por la deforestación o tala indiscriminada de bosques y a la ampliación de la frontera agrícola lo que conlleva al deterioro de la capacidad productora de los suelos, además de la desaparición de recursos importantes de fauna y flora (Tabla 18). Esta estrategia fue planteada en base a la observación directa en las salidas de campo, puesto que se observó la tala indiscriminada de especies arbustivas nativas del sector (Anexo 14), con lo que conlleva a la pérdida de la diversidad de especies de anuros, cabe recalcar que a mayor cobertura vegetal se registra mayor número especies.

#### **Objetivos del proyecto de reforestación con especies nativas**

##### **Objetivo general**

- Aumentar la cobertura vegetal para recuperar las zonas deterioradas por las actividades antrópicas, así restaurando el paisaje y las condiciones ambientales.

##### **Objetivos específicos**

- Integrar a los habitantes de la comunidad e instituciones educativas al proyecto de reforestación.
- Reforestar especies nativas características de la zona con el fin de garantizar la supervivencia y funcionamiento ecológico.

#### **Meta del proyecto de reforestación con especies nativas**

El proyecto de reforestación tiene como meta la restauración y preservación de los recursos naturales de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu con el fin de recuperar los hábitat y nichos ecológicos de los anuros. Los lugares para la reforestación fueron seleccionados mediante las salidas de campo realizadas en el muestreo de anuros, determinando en las zonas 2 y 3 lugares sin cobertura vegetal idóneos para la reforestación con las plantas nativas. Las especies fueron seleccionadas del estudio de Arequipa (2017), *Polylepis racemosa*, *Oreopanax ecuadorensis*, *Macleania rupestris*, *Chusquea scandens*, *Liabum igniarium* y *Siphocampylus giganteus*.

**Tabla 18.** Desarrollo de la estrategia de reforestación con especies nativas

<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Actividad</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>	<b>Costo Referencial</b>
Integrar a los habitantes de la comunidad e instituciones educativas al proyecto de reforestación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Socialización del proyecto de reforestación a la parroquia y comunidades</li> <li>• Identificación de áreas a intervenir en la reforestación.</li> </ul>	El proyecto tiene como meta reforestar con 1 500 plantas nativas del sector de la zona alta de la microcuenca Sagala Huaycu involucrando a la población con el objetivo de crear una conciencia ambiental en	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Academia</li> </ul>	1 mes	\$ 500
Establecer especies nativas características de la zona con el fin de garantizar la supervivencia y funcionamiento ecológico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de especies vegetales a utilizarse.</li> <li>• Adquisición de especies vegetales ya seleccionadas.</li> <li>• Siembra y seguimiento de plantas sembradas.</li> </ul>	los habitantes del sector.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Comunidad</li> <li>• Academia</li> </ul>	8 meses	\$ 2200

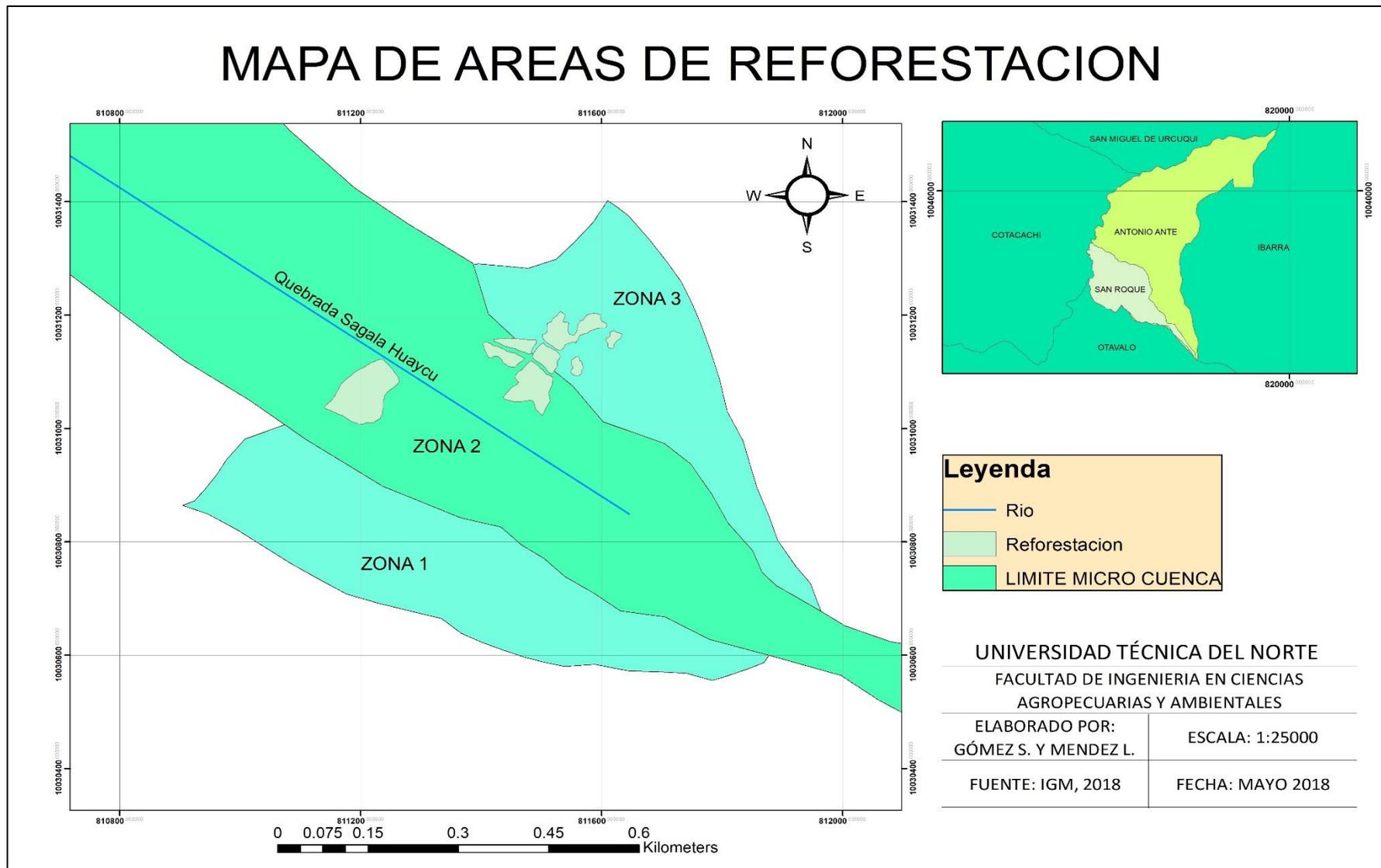


Figura 23. Mapa de áreas de reforestación

#### **4.13.3 Estrategia de reproducción *ex situ* de *Gastrotheca riobambae***

En el proyecto de reproducción de *Gastrotheca riobambae* (Tabla 19), se encuentra la reproducción *ex situ*, establecida como una estrategia de conservación que busca propagar la especie. Los individuos reproducidos en condiciones de cautiverio serán posteriormente devueltos a sus ambientes naturales, promoviendo el equilibrio del hábitat que requiere la especie en estudio.

#### **Objetivos del proyecto de reproducción *ex situ* de *Gastrotheca riobambae***

##### **Objetivo general**

- Reproducir la especie *Gastrotheca riobambae* en condiciones *ex situ*, para posteriormente su liberación a la vida silvestre en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu.

##### **Objetivos específicos**

- Instalar un terrario dentro de las instalaciones del GAD Parroquial San Roque el cual reúna todas las características naturales tanto bióticas y abióticas.
- Alimentación y mantenimiento de la rana marsupial andina en su etapa de reproducción y crecimiento.
- Liberación de los individuos reproducidos *ex situ* en su medio natural.

#### **Meta del proyecto de reproducción *ex situ* de *Gastrotheca riobambae***

La meta del proyecto es la reproducción de *Gastrotheca riobambae* en condiciones *ex situ* con la finalidad de aumentar el número de individuos silvestres observados en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu, recuperando un elemento susceptible en la cadena trófica y salvaguardando su subsistencia.

#### **Desarrollo del proyecto de reproducción *ex situ* de *Gastrotheca riobambae***

Para la reproducción de esta especie se tomará en cuenta características específicas para poder manejarlas de una manera adecuada, en el proceso de reproducción se utilizará 5

parejas puesto a que cada hembra pone alrededor de 120 huevos (BioWeb, 2017) los cuales son fecundados e introducidos en la bolsa dorsal (marsupio), cada pareja se encontrara aislada en contenedores plásticos posterior a los tres meses las hembras sacan a los renacuajos de la bolsa dorsal para completar su ciclo de metamorfosis y posterior adaptación en el terrario. A los 7 meses de vida están otra vez listos para iniciar el ciclo reproductivo. Pacheco, (2015) y Escanta, (2007).

**Tabla 19.** Desarrollo de la estrategia de reproducción *ex situ* de *Gastrotheca riobambae*

<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Actividad</b>	<b>Alcance</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>	<b>Costo Referencial</b>
Instalar un terrario dentro de las instalaciones del GAD Parroquial San Roque el cual reúna todas las características naturales boticas y abióticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción del material pétreo</li> <li>• Construcción del terrario</li> <li>• Capacitación al personal en el manejo de fauna silvestre.</li> <li>• Adecuación del terrario</li> <li>• Liberación de la especie <i>Gastrotheca riobambae</i> en el hábitat artificial.</li> </ul>	La meta del proyecto es la reproducción de <i>Gastrotheca riobambae</i> en condiciones <i>ex situ</i> con la finalidad de aumentar el número de individuos silvestres observados en	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Comunidad</li> <li>• Academia</li> </ul>	3 meses	\$ 1500
Alimentación y mantenimiento de la rana marsupial andina en su etapa de reproducción y crecimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Captación de las especies insectívoras.</li> <li>• Composición de dietas alimenticias.</li> <li>• Alimentación de la rana marsupial andina.</li> <li>• Limpieza del terrario</li> </ul>	la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu, recuperando un elemento susceptible en la cadena trófica y salvaguardando su	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Comunidad</li> <li>• Academia</li> </ul>	7 meses	\$ 2500
Liberación de los individuos reproducidos <i>ex situ</i> en su medio natural.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida de observación para observar lugares idóneos para la liberación</li> <li>• Liberación de los especímenes reproducidos en cautiverio.</li> </ul>	subsistencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Parroquial de San Roque</li> <li>• Comunidad</li> <li>• Academia</li> </ul>	15 días	\$ 200

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se presentan las conclusiones a las que se ha llegado durante la ejecución del estudio, adicionalmente, se plantea las recomendaciones dirigidas a los responsables de la gestión del manejo de los recursos de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu.

#### 5.1 Conclusiones

Se registraron 66 individuos, pertenecientes a tres especies, siendo *Pristimantis unistrigatus* la más numerosa con un total de 41 registros, concluyendo de esta manera que los valores obtenidos a través del cálculo de índices de diversidad en la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu y sus zonas de influencia tienen una diversidad *baja* de especies de anuros con el 0,71 % del total de anuros registrados en el Ecuador.

En cuanto a la caracterización de suelo y agua se concluye que el área de estudio tiene una contaminación mínima con lo referente a productos agroquímicos, pues el uso no es muy frecuente, teniendo en cuenta también que los cultivos son los que absorben en mayor parte al agroquímico, existiendo una mínima posibilidad de ser transportados por la escorrentía.

El estado del agua al final de la zona de estudio se encuentra en malas condiciones debido a que los resultados de los análisis físico-químicos realizados se encuentran fuera de los límites permisibles del Texto Unificado de Legislación Ambiental.

En el estado de conservación de las especies se concluye que *Gastrotheca riobambae*, se encuentra en peligro de extinción de acuerdo a la lista roja de la UICN, además al ser evaluada con el índice de prioridades de conservación SUMIN, resultó en categoría prioritaria para la conservación mientras que *Pristimantis curtipes* obtuvo la categoría de atención especial.

Al evaluar las actividades antrópicas desarrolladas en las zonas de estudio con el Índice de Perturbación Humana (IPH) reveló que el área de vegetación natural tiene un impacto severo en la parte alta de la microcuenca evidenciando los principales problemas la deforestación y la presencia de incendios forestales.

*Pristimantis unistrigatus* es una especie muy resistente a las alteraciones de hábitats tanto en fragmentación como en degradación, su abundancia y distribución en las tres zonas de estudio, dieron como resultado un coeficiente bajo en el índice EICA, reflejando mala calidad ambiental, *Gastrotheca riobambae* especie que se estableció en una categoría media como bioindicadora de calidad ambiental debido a que se le ha registrado en ambientes medianamente perturbados, y se adapta en un mínimo porcentaje.

Se concluye que la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu tiene una calidad ambiental media y que va en retroceso con el tiempo, debido a las actividades antrópicas que se encuentran establecidas las mismas que fracciona y deteriora el Hábitat.

La caracterización de anuros en la microcuenca Sagala Huaycu se consolida como una herramienta para la conservación ambiental debido a la información de línea base obtenida tanto de los factores abióticos y bióticos del área de estudio.

## **5.2 Recomendaciones**

Continuar con el muestreo en las partes superior e inferior al rango altitudinal al que fue realizado este estudio, para comparar los resultados generados y conocer si las especies se desplazan y logran o no acoplarse a las variaciones meteorológicas.

Monitoreos más exhaustivos por transecto, pues así se avanza rápidamente a cubrir el área prevista en un menor tiempo posible, ocasionando el mismo disturbio temporal.

Continuar con el monitoreo, registro de actividades y características morfológicas de cada individuo, con el fin de enriquecer los estados de conservación como fundamento para posteriores investigaciones.

Estimar la utilización de grabaciones de cantos para los muestreos auditivos en etapas de registros de áreas de estudio de difícil acceso, como las pendientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C. y Murúa, F. (1999). Lista preliminar y estado de conservación de la mastofauna del Parque Natural Ischigualasto, San Juan-Argentina. *Multequina*.
- Aguirre, A. (2006). Protocolo de bioseguridad y cuarentena para prevenir la transmisión de enfermedades en anfibios. Bogotá, Colombia, p, 79-85. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/303675038>.
- Alban, F. (2015). Impactos potenciales del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas de alta montaña o páramo de Ecuador. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Quito 45-53 p.
- Angulo, A., y Marca, E. (2006). Enfermedades de reptiles y anfibios y reptiles. Editoriales Timarta. Bogotá, Colombia. 3(2).
- Arequipa, W. (2017). Evaluación de la diversidad de avifauna en las quebradas artesón, Sagala Huaycu y su propuesta de conservación. Cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Armesto, L. y Señaris, J. (2017). Anuros del norte de los andes: riqueza de especies y estado de conservación. *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Brasil* 57(39): p, 37-53.
- Armijos, D. y Patiño, A. (2009). Herpetofauna de un Bosque Húmedo Tropical en la Estación El Padmi, de la Universidad Nacional de Loja. Loja.
- Bejarano, P. y Yáñez, M. (2013). Lista actualizada de ranas terrestres *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) en las Etribaciones Occidentales del Distrito Metropolitano de Quito, Andes de Ecuador. *Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Quito.* p 127-135.

- Belamendia, G. (2010). Estudio De La Comunidad De Anfibios Y Reptiles En La Cuenca De Bolintxu : Propuesta Para El Conocimiento De La Diversidad De Herpetofauna , (estudio de la comunidad de anfibios y reptiles en la cuenca de bolintxu: propuesta para el conocimiento de la diversidad de herpetofauna, detección de especies de interés y propuestas de gestión). Recuperado de: [bilbao.eus/Agenda21/documentos/estudio\\_comunidad\\_anfibios\\_reptiles.pdf](http://bilbao.eus/Agenda21/documentos/estudio_comunidad_anfibios_reptiles.pdf).
- BioWeb, (2017). Diversidad y biogeografía. Ecuador. Recuperado de: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb>.
- Calderón, J., Moreno, C., Zuria, I. (2012). La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83, 879-891. Doi: 10.7550/rmb.2550.
- Castellanos, D, Ramírez, M, (2010), Conservación de la diversidad biológica y cultural. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales UAESPNN. Capítulo 5.
- Chingal, S. y Saldaña, J. (2017). Estado de conservación de la avifauna diurna del valle interandino del chota y diseño de estrategias de conservación. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Cifuentes, M. y Izurieta, A. (2000). Medición de la Efectividad del Manejo de Áreas Protegidas, Turrialba. Costa Rica. pp105.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro oficial 449. Quito: Asamblea Nacional.
- Delgado, C., Sepúlveda, M. y Álvarez R., (2010). Conservation Plan for migratory shorebirds in Chiloé. Executive Summary. Valdivia, Chile. 6(42) p, 25-38
- Devine, G. J., Eza, D., Ogasuku, E., y Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 74-100.

- Díaz, H. y Ortiz, J. (2003). Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: p 509-52.
- Díaz, H. y Ortiz, J. (2003). Evaluación del estado de conservación de los anfibios en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. Chile p, 509-525.
- Dickerson, D. (2001). Riparian habitat management for reptiles and amphibians on corps of engineer's projects. Army Research and Development Center. United States, pp.13
- Devine, G. J., Eza, D., Ogasuku, E., y Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública*, 25(1), 74-100 p.
- Duellman, W. (1978). The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Miscellaneous Publication. Museum of Natural History, University of Kansas* 65: p, 1-27
- Duellman, W. (1999). Patterns of distribution of amphibians. The Johns Hopkins University Press, Baltimore London. p, 52-64.
- Duellman, W. (2015). Marsupial frogs. *Gastrotheca y Allied genera*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, London p, 52-64.
- Galindo, C., Cedeño, R., Calderon, R y Augustine, J. (2003). Loss of tank bromeliads from disturbed seasonal tropical forests affects arboreal frogs in southeastern Mexico. *Contemporary Herpetology*.
- García, A. y Cabrera, A. (2008). Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México, 91-115
- García, J. Castro, F. y Cárdenas, H. (2005). Relación entre la distribución de anuros y variables del hábitat en el sector la romelia del Parque Nacional Natural Munchique (Cauca, Colombia) *Caldasia* 27(2): p, 299-310.

- Gómez, N. y Cochero, J. (2013). Un índice para evaluar la calidad del hábitat en la Franja Costera Sur del Río de la Plata y su vinculación con otros indicadores ambientales. *Ecología austral*, 23(1), p,18-26.
- Guevara, D. (2011). Diseño metodológico y levantamiento de la línea base para el monitoreo de los objetos de conservación del refugio de vida silvestre Pasochoa. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba p, 64-68.
- Gutiérrez, R. (2011). Impacto de los sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao*) en la conservación de herpetofauna de hojarasca en un paisaje fragmentado del trópico húmedo de Panamá. Centro agronómico de investigación.
- Hedberg, O. y Hedberg, I. (2003). Los Páramos del Mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/ EcoCiencia, Quito p. 237-244.
- Heyer, R., Donnelly, A., McDiarmid, W., Hayek, C. y Foster, S. (1994). *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Hill, M. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54, p427-432.
- Instituto nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. (2015). Anuario Meteorológico n° 55. Quito, pp.53. Recuperado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec.pdf>.
- Isasi, E. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1), 31–38. Recuperado de: [http://www.interciencia.org/v36\\_01/031.pdf](http://www.interciencia.org/v36_01/031.pdf).
- Jeager, R. y Inger R. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for Amphibians. Quadrat Sampling*. Pp. 97-102.
- Jiménez, G. (2010). Construcción de un marco conceptual y metodológico para estrategias en manejo y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados colombianos. 309-329.
- Journal, I., y Conscience, G. (2008). Patrones de asociación de especies y sustentabilidad,

- 3(1), 632–660. Recuperado de: [http://www.spentamexico.org/v3-n1/3\(1\) 632-660.pdf](http://www.spentamexico.org/v3-n1/3(1) 632-660.pdf)
- Kepfer, S. (2008). Aves como bioindicador de la integridad ecológica de la cuenca baja del río, Polochic, Alta Verapaz e Izabal. (Tesis de grado). Guatemala
- Lee, J. (1996). *The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula*. Cornell Univ. Press. Ithaca and London.
- Lips, K. y Reaser, K. (1999). El Monitoreo de Anfibios en América Latina. *The Nature Conservancy*, (El Monitoreo de Anfibios en América Latina), 1–42. Recuperado de: <http://www.amphibiaweb.org/resources/Anfibios.pdf>
- Lips, K., Reasaer, J., Young, B. y Ibañez, R. (2001). Monitoreo de anfibios en américa latina: Manual de Protocolos. Society for the study of amphibians and reptiles. USA.
- Lozano, Z. (2017). Análisis de la composición y diversidad de la herpetofauna e bosques húmedos del Cantón Mejía con diferentes niveles de intervención antrópica. (Tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana. Quito, p, 19-26.
- Lynch, J. (1981). Leptodactylid frogs of the genus *Eleutherodactylus* in the Andes of northern Ecuador and adjacent Colombia. *Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas, Misc. Publ.*, (72); 1-46.
- Lynch, J. y Duellman, W. (1980). The *Eleutherodactylus* of the Amazonian slopes of the Ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae). *Miscellaneous Publication. Museum of Natural History, University of Kansas* 69: p, 1-86.
- Magurran, A. (1987). *Diversidad, Ecología y su Medición*. Ediciones Vedral. Barcelona, España. 204 p.
- Maneyro, R. y Langone, J. (2001). Categorización de los anfibios de Uruguay. Montevideo, Uruguay. *Cuad. herpetol.*, 15(2), p, 107-118.
- March, I., Carvajal, M., Vidal, R., Román, J., y Ruiz, G., (2009). Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México. Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, p, 545-573.

- Margalef, R. (1969). El ecosistema pelágico del Mar Caribe. Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales. La Salle 5-36 p.
- Martínez, M. (2013). Análisis de la composición y diversidad de Herpetofauna en bosques húmedos del Cantón Mejía con diferentes niveles de intervención antrópica. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito. 26-36 p.
- Mena, P. y Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. Universidad Mayor de San Andrés. Botánica Económica de los Andes Centrales. Bolivia, p, 91-109.
- Méndez, J. y Narvaez, P. (2014). Diversidad de anfibios y reptiles en hábitats altoandinos y paramunos de la cuenca del río Fúquene , *15*(1): p,94–104.
- Meza, J. y Torres, M. (2016). Spatial diversity patterns of *Pristimantis* frogs in the Tropical Andes. *Ecology and evolution*, 6(7): p,1901-1913.
- Micacchion, M. (2002). Amphibian Index of Biotic Integrity for Wetlands. Wetland Ecology Group Environmental Protection Agency, division of Surface Water. Columbus.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr05es.pdf>.
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2017). Ecuador, tercer país con mayor diversidad de anfibios en el mundo. Recuperado de <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=3976&force>
- Molina, F., y Botánica, E. A. U. D. (2006). Los componentes alfa , beta y gamma de la biodiversidad . Aplicación al estudio de comunidades vegetales. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft Word - articulo docente def.pdf?sequence=1>
- Mondragón, A. (2006). Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. Caracas, Venezuela vol. 3(29), p, 112-120.

- Moreno, C. y Rodríguez, P. (2011). Commentary: Do we have a consistent terminology for species diversity, Back to basics and toward a unifying framework. *Oecologia* 167, p889-892
- Moreno, C., Barragán F., Pineda, E. y Pavón, N. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa, alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de biodiversidad* 82, p 1249-1261.
- Moreno, E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M y T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza.
- Mueses, J. (2005). Fauna anfibia del Valle de Sibundoy, Putumayo-Colombia. *Caldasia*. Bogotá 27: p,229-242
- Olea, G., Villela, O y Almeralla, C. (2014). Biodiversity of amphibians in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. DOI: 10.7550/rmb.32027
- Oleas, N., Ríos, B., Peña, P., y Bustamante, M. (2016). Plantas de las quebradas de Quito: Guía Práctica de Identificación de Plantas de Ribera. Universidad Tecnológica Indoamérica, Secretaría de Ambiente del DMQ, Fondo Ambiental del DMQ y FONAG. Serie de Publicaciones Científicas. Universidad Tecnológica Indoamérica. Publicación No. 2, 132 p.
- Organización de las Naciones Unidas (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Rio de Janeiro. Brasil. Recuperado de: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- Pincheira, J., Rodas, J., Almanza, V. P., y Rau, J. R. (2008). Estado de conservación de las aves rapaces de Chile. *El hornero*, 23(1), 5-13 p.
- Prendergast, J., Rachel, M., y Lawton, J. (1997). The gaps between theory and practice in selecting nature reserves. Centre for population biology. United kingdom.
- Primack R. (2000). Introducción a la biología de la conservación, segunda edición, Editorial Ariel S.A
- Quintero, A., Moya, E. y Von, C. (2013). Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación. Universidad de Calda. *Revista luna azul* (36), 285-306 p.

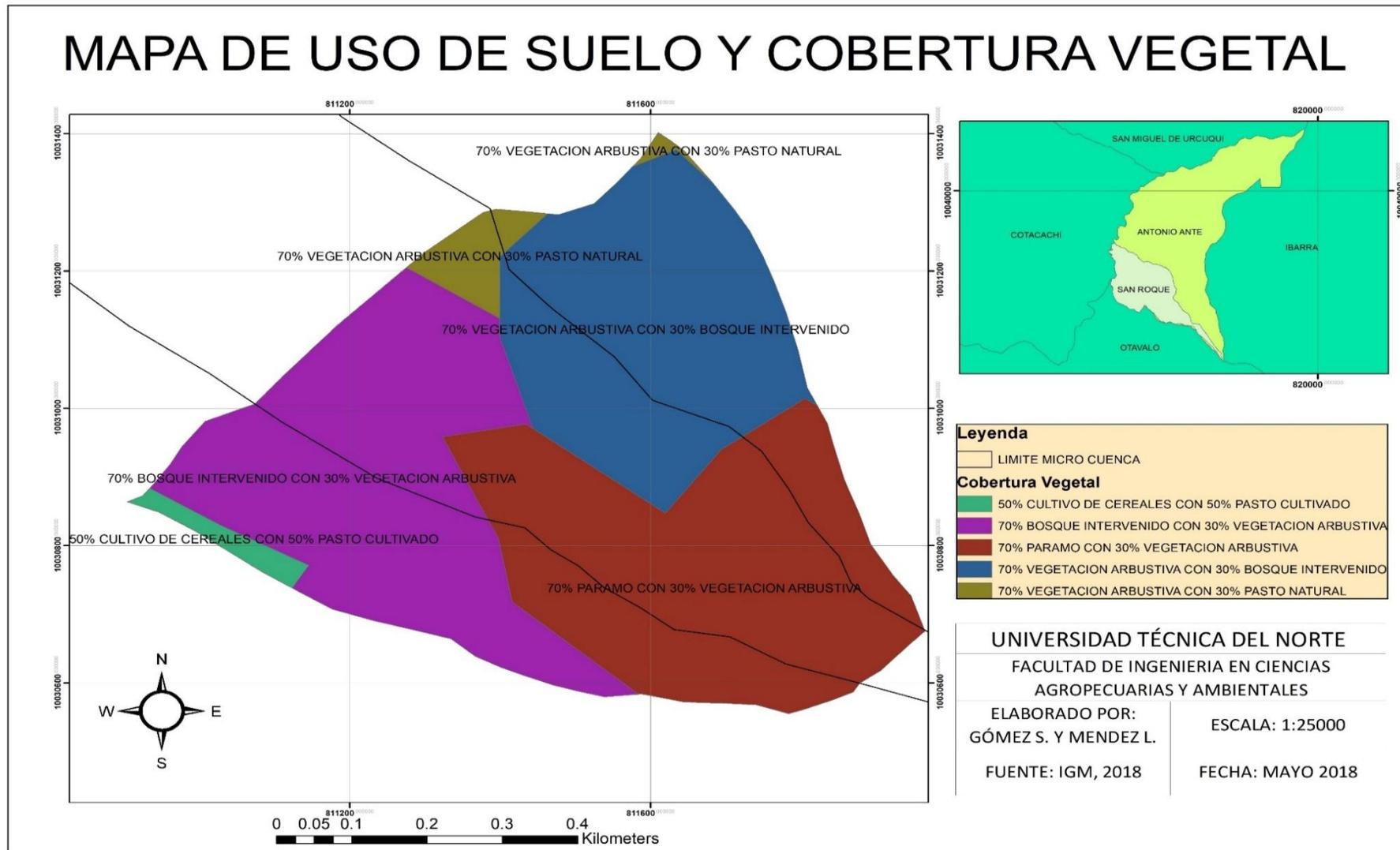
- Radiol, V. (2009). Procedimiento para el muestreo, recepción y conservación de muestras de agua para la determinación de la radiactividad ambiental. Editoriales Dorado Dellmans. Madrid, España.
- Ramírez, S. y Rodríguez, M. (2011). Estado poblacional y relaciones ecológicas de *Gastrotheca riobambae* en dos localidades del volcán Pasochoa. Centro de biodiversidad IASA. Sangolquí.
- Reca, A., Grigera, D., y Ubeda, C. (1996). Estado de conservación de las aves del Parque y Reserva Nacional Nahuel Huapi. *El Hornero*, 14(03), 001-013 p. Recuperado de: [digital.bl.fcen.uba.a](http://digital.bl.fcen.uba.a)
- Ron, R., Coloma, L., Guayasamin, J. y Yanez, M. (2012). AmphibiaWebEcuador. Museo de Zoología Universidad Católica del Ecuador. [www.zoologia.puce.edu.ec](http://www.zoologia.puce.edu.ec)
- Salinas, K. y Veintimilla, D. (2010). Patrones de diversidad de anuros en el ecosistema paramo del parque nacional podocarpus. Universidad nacional de Loja, Loja.
- Salvador, V. (2014). Metodología para la evaluación del estado de conservación de los hábitats y especies en Red Natura 2000. Recuperado de: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0a>
- Seimon, T., George, H., Preston, S., Halloy, S., y Anton, S. (2005). Estudios sobre las Ranas Andinas de los Géneros *Telmatobius* y *Batrachophrynus* ( Anura : Leptodactylidae ). *Monografías de Herpetología*, 7, 9–37 p.
- Sierra, R. (Ed.). (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Stotz, D. (1996). Neotropical birds: ecology and conservation. University of Chicago. EEUU. Press: p, 5-26.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN. (2015). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Tercera edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. 34 p.

- Valencia, J., Toral, E., Morales, M., Betancourt, R. y Barahona, A. (2008) Guía de campo de Anfibios del Ecuador. Quito: Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Simbioe. p. 208.
- Vásconez, P. y Hofstede, R. (2006) Los páramos ecuatorianos. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, p. 91-109.
- Veintimilla, D., Salinas, K. y Aguirre, N. (2011). Patrones de diversidad de Anuros en el ecosistema de paramo del Parque Nacional Podocarpus. Recuperado de: [http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-95/5\\_articulo\\_de\\_investigacion\\_-31\\_-29\\_c2.pdf](http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-95/5_articulo_de_investigacion_-31_-29_c2.pdf).
- Vergara, E. y Jerez, V. (2009). Estado de conservación de *Chiasognathus granti* Stephens 1831 (Coleoptera: Lucanidae) en Chile. Revista chilena de historia natural, 82(4), p,565-576.
- Vidal, S. (2004). Estado de conservación de la Fauna De Sauria Y Amphisbaenidae (Reptilia, Squamata) De Uruguay.
- Yáñez, M. (2007). Análisis de diversidad herpetofaunística en el sector de la virgen, Reserva Ecológica Cayambe Coca. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Quito. 4-6 p.

# Anexos

## ANEXOS

Anexo 1: Mapa de uso y cobertura vegetal de la parte alta de la microcuenca Sagala Huaycu



**Anexo 2:** Ficha de campo para registro de anuros.

Ficha de Registro Trabajo de Campo						
Fecha: 03/08/2017						
Tansecto Nº	1	Hora:	Inicio	Final	Zona:	Influencia
			17-40	19-28		
Hora de Registro	Coordenadas geográficas			Números de Fotografías		
	X	Y	Z			
18:04	811781	10031201	3092	87, 88, 89, 90, 91		
18:48	811773	10031221	3098	93, 94, 95, 96		
19:09	811777	10031240	3102	103, 104, 105, 106		

**Anexo 3:** Ficha de campo para registro de anuros

Ficha de Registro Trabajo de Campo						
Fecha: 03/08/2017						
Tansecto Nº	2	Hora:	Inicio	Final	Zona:	Influencia
			21:00	23:48		
Hora de Registro	Coordenadas geográficas			Números de Fotografías		
	X	Y	Z			
21:52	811615	10031139	3107	111, 112, 113, 114, 115		
22:34	811599	10031156	3109	116, 117, 118, 119		

**Anexo 4:** Especies registradas y coordenadas geográficas.

<b>ÉPOCA SECA</b>					
<b>Julio</b>					
<b>Coordenadas</b>					
Salida	Transecto	X	Y	Z	Nombre
<b>Salida 1</b>	Transecto 1	810944	10030944	3025	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811011	10030886	3021	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		810986	10030838	3015	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
	Transecto 2	811227	10030823	3031	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811233	10030813	3028	<i>Gastrotheca riobambae</i>
<b>Salida 2</b>	Transecto 1	811590	10031166	3126	<i>Gastrotheca riobambae</i>
		811617	10031140	3124	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
	Transecto 2	811511	10030986	3109	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Agosto</b>					
<b>Salida 3</b>	Transecto 1	811777	10031240	3103	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Coordenadas</b>					
Salida	Transecto	X	Y	Z	Nombre
		811773	10031221	3098	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811781	10031201	3092	<i>Pristimantis curtipes</i>
	Transecto 2	811768	10031099	3096	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811590	10031105	3095	<i>Pristimantis curtipes</i>
<b>Salida 4</b>	Transecto 1	0	0	0	
	Transecto 2	811235	10030746	3056	<i>Pristimantis curtipes</i>
<b>Salida 5</b>	Transecto 1	0	0	0	
	Transecto 2	811541	10031005	3117	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811468	10030990	3115	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Septiembre</b>					
<b>Salida 6</b>	Transecto 1	811771	10031286	3123	<i>Pristimantis curtipes</i>
	Transecto 2	811673	10031140	3121	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Salida 7</b>	Transecto 1	811741	10031217	3042	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811776	10031237	3037	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
	Transecto 2	811154	10030775	3035	<i>Pristimantis curtipes</i>
<b>Salida 8</b>	Transecto 1	811711	10031242	3128	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
	Transecto 2	811457	10030972	3124	<i>Gastrotheca riobambae</i>
		811469	10031011	3120	<i>Pristimantis curtipes</i>
<b>Octubre</b>					
<b>Salida 9</b>	Transecto 1	811166	10031304	3107	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
	Transecto 2	811615	10031139	3105	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811599	10031156	3102	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>ÉPOCA LLUVIOSA</b>					
<b>Salida 10</b>	Transecto 1	810943	10030249	3063	<i>Gastrotheca riobambae</i>
		810951	10031506	3069	<i>Pristimantis unistrigatus</i>

		811649	10031624	3084	<i>Pristimantis curtipes</i>
	Transecto 2	811056	10031265	3101	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811168	10030770	3100	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811208	10030792	3098	<i>Pristimantis curtipes</i>
<b>Noviembre</b>					
<b>Salida 11</b>	Transecto 1	811586	10031205	3120	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811587	10031202	3115	<i>Gastrotheca riobambae</i>
		811582	10031161	3098	<i>Pristimantis curtipes</i>
	Transecto 2	811497	10030987	3085	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811520	10030980	3083	<i>Gastrotheca riobambae</i>
<b>Salida 12</b>	Transecto 1	811580	10031157	3115	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811577	10031163	3108	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811624	10031509	3110	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		810979	10030245	3164	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811585	10031157	3136	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Coordenadas</b>					
<b>Salida</b>	<b>Transecto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Nombre</b>
	Transecto 2	811622	10031117	3130	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811576	10031194	3135	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811587	10031165	3136	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Salida 13</b>	Transecto 1	811186	10030737	3062	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811212	10030750	3077	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811220	10030719	3102	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811245	10030729	3109	<i>Gastrotheca riobambae</i>
<b>Noviembre</b>					
	Transecto 2	811263	10030827	3120	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811200	10030799	3118	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811234	10030783	3116	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Diciembre</b>					
<b>Salida 14</b>	Transecto 1	811503	10030983	3110	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811537	10030991	3119	<i>Gastrotheca riobambae</i>
		811536	10030976	3127	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
	Transecto 2	811415	10030977	3106	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811485	10030919	3101	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
<b>Salida 15</b>	Transecto 1	811662	10031085	3097	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811663	10031067	3087	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811671	10031054	3082	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
	Transecto 2	811640	10031035	3075	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811639	10031158	3071	<i>Pristimantis unistrigatus</i>
		811611	10031153	3068	<i>Pristimantis curtipes</i>
		811624	10031197	3061	<i>Pristimantis unistrigatus</i>

## Anexo 5: Resultado de análisis de organoclorados en suelos Zona 1



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
CENTROCESAL Cía. Ltda.

### ÁREA QUÍMICA

**INFORME DE ENSAYO No.: 23537-01-21-11-17-Q**

<b>Ciente:</b>	<b>MEÑEZ HUALCA LENIN BOLIVAR</b>		
<b>Representante:</b>	<b>MEÑEZ HUALCA LENIN BOLIVAR</b>		
<b>Dirección:</b>	<b>Ibarra</b>		
<b>Teléfono:</b>	<b>0986624301</b>	<b>FAX:</b>	
<b>Identificación de la Muestra:</b>	<b>SUELO</b>		
<b>Descripción de la Muestra:</b>	<b>sólido color café</b>		
<b>Contenido declarado:</b>	<b>500g</b>		
<b>No. Lote o código</b>	<b>Muestra # 1 San Roque-Imbabura</b>		
<b>Fecha de elaboración:</b>	<b>NA</b>		
<b>Fecha de caducidad:</b>	<b>NA</b>		
<b>Conservación de la Muestra:</b>	<b>Ambiente</b>		
<b>Muestreo:</b>	<b>Por el cliente</b>	<b>Fecha de toma de muestra:</b>	<b>NA</b>
		<b>Fecha de recepción:</b>	<b>21-nov.-2017</b>
		<b>Fecha de ensayo:</b>	<b>29-nov.-2017</b>
		<b>Fecha de reporte:</b>	<b>1-dic.-2017</b>

**Resultados analíticos:** Pag.: 1 de 1

#### ANÁLISIS DE COMPUESTOS ORGANOCORADOS MÉTODO EPA 8081

Compuesto analizado	Suelo (mg/Kg)
α-HCH	<0.02
HCB	<0.02
β-HCH	<0.02
γ-HCH (lindano)	<0.02
δ-HCH	<0.02
Heptaclor	<0.02
Aldrin	<0.02
Cis-Heptacloropoxido	<0.02
Trans-heptacloropoxido	<0.02
Trans-clordano	<0.02
cis-clordano	<0.02
pp-DDE	<0.02
Dieldrin	<0.02
Endrin	<0.02
pp-DDD	<0.02
op-DDT	<0.02
pp-DDT	<0.02

**Dr. Carlos López M.**  
Director de Calidad  
CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE ANÁLISIS



**Q.F. Andrea Cumba A.**  
CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE SUPERVISIÓN

**Notas:**

ND: No declara

NA: No aplica

NOTA 1: Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.

NOTA 2: Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis

NOTA 3: Muestras recibidas en el Laboratorio, CENTROCESAL Cía. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis.

NOTA 4: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.

NOTA 5: Las opiniones/interpretaciones/etc., que se puedan indicar, están FUERA del alcance de acreditación del SAE

NOTA 6: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio, corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 30 días contados desde que se entrega el resultado.

f.ref.:POE:5.10.1 Rev.:09 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús  
Telfs: (593 2 ) 2230342 / 2233792  
Fax: Ext. 102 Celular: 099649872  
e-mail: [info@centrocesal.com](mailto:info@centrocesal.com)  
[www.centrocesal.com](http://www.centrocesal.com)  
QUITO - ECUADOR

## Anexo 6: Resultado de análisis de organoclorados en suelos Zona 2



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**

**ÁREA QUÍMICA**

**INFORME DE ENSAYO No.: 23537-02-21-11-17-Q**

**Ciente:** MENDEZ HUALCA LENIN BOLIVAR  
**Representante:** MENDEZ HUALCA LENIN BOLIVAR  
**Dirección:** Ibarra  
**Teléfono:** 0986624301 **FAX:**  
**Identificación de la Muestra:** SUELO  
**Descripción de la Muestra:** sólido color café  
**Contenido declarado:** 500g  
**No. Lote o código:** Muestra # 2 San Roque-Imbabura  
**Fecha de elaboración:** NA  
**Fecha de caducidad:** NA  
**Conservación de la Muestra:** Ambiente  
**Muestreo:** Por el cliente **Fecha de toma de muestra:** NA  
**Fecha de recepción:** 21-nov.-2017  
**Fecha de ensayo:** 29-nov.-2017  
**Fecha de reporte:** 1-dic.-2017

**Resultados analíticos:** Pag.: 1 de 1

**ANÁLISIS DE COMPUESTOS**  
**ORGANOCLORADOS MÉTODO**  
**EPA 8081**

Compuesto analizado	Suelo (mg/Kg)
α-HCH	<0.02
HCB	<0.02
β-HCH	<0.02
γ-HCH (lindano)	<0.02
δ-HCH	<0.02
Heptaclor	<0.02
Aldrin	<0.02
Cis-Heptacloropoxido	<0.02
Trans-heptacloropoxido	<0.02
Trans-clordano	<0.02
cis-clordano	<0.02
pp-DDE	<0.02
Dieldrin	<0.02
Endrin	<0.02
pp-DDD	<0.02
pp-DDT	<0.02

**Dr. Carlos López**  
**Director de Calidad**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**

**Q.F. Andrea Cumba A.**  
**CENTROCESAL Cía. Ltda.**

RESPONSABLE DE ANALISIS

RESPONSABLE DE SUPERVISIÓN

**Notas:**

ND: No declara  
NA: No aplica

- NOTA 1: Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.  
NOTA 2: Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis  
NOTA 3: Muestras recibidas en el Laboratorio, CENTROCESAL Cía. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis.  
NOTA 4: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.  
NOTA 5: Las opiniones/interpretaciones/etc., que se puedan indicar, están FUERA del alcance de acreditación del SAE  
NOTA 6: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio, corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 30 días contados desde que se entrega el resultado.

f.ref.:POE-5.10.1 Rev.:09 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús  
Telfs: (593 2 ) 2230342 / 2233792  
Fax: Ext. 102 Celular: 099649872  
e-mail: [info@centrocesal.com](mailto:info@centrocesal.com)  
[www.centrocesal.com](http://www.centrocesal.com)  
QUITO - ECUADOR

## Anexo 7: Resultado de análisis de organoclorados en suelos Zona 3



**CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES**  
CENTROCESAL Cía. Ltda.

ÁREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 23537-03-21-11-17-Q

<b>Cliente:</b>	MENDEZ HUALCA LENIN BOLIVAR		
<b>Representante:</b>	MENDEZ HUALCA LENIN BOLIVAR		
<b>Dirección:</b>	Ibarra		
<b>Teléfono:</b>	0986624301	<b>FAX:</b>	
<b>Identificación de la Muestra:</b>	SUELO		
<b>Descripción de la Muestra:</b>	sólido color café		
<b>Contenido declarado:</b>	500g		
<b>No. Lote o código</b>	Muestra # 3 San Roque-Imbabura		
<b>Fecha de elaboración:</b>	NA		
<b>Fecha de caducidad:</b>	NA		
<b>Conservación de la Muestra:</b>	Ambiente		
<b>Muestreo:</b>	Por el cliente	<b>Fecha de toma de muestra:</b>	NA
		<b>Fecha de recepción:</b>	21-nov.-2017
		<b>Fecha de ensayo:</b>	29-nov.-2017
		<b>Fecha de reporte:</b>	1-dic.-2017

Resultados analíticos: Pag.: 1 de 1

**ANÁLISIS DE COMPUESTOS  
ORGANOCORADOS MÉTODO  
EPA 8081**

Compuesto analizado	Suelo (mg/Kg)
α-HCH	<0.02
HCB	<0.02
β-HCH	<0.02
γ-HCH (lindano)	<0.02
δ-HCH	<0.02
Heptaclor	<0.02
Aldrin	<0.02
Cis-Heptacloropoxido	<0.02
Trans-heptacloropoxido	<0.02
Trans-clordano	<0.02
cis-clordano	<0.02
pp-DDE	<0.02
Dieldrin	<0.02
Endrin	<0.02
pp-DDD	<0.02
pp-DDM	<0.02
pp-DDT	<0.02

**Dr. Carlos López M.**  
Director de Calidad  
CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE ANÁLISIS

**Q.F Andrea Cumba A.**

CENTROCESAL Cía. Ltda.  
RESPONSABLE DE SUPERVISIÓN

**Notas:**

ND: No declara

NA: No aplica

CENTROCESAL Cía. Ltda.

NOTA 1: Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.

NOTA 2: Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis

NOTA 3: Muestras recibidas en el Laboratorio, CENTROCESAL Cía. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis.

NOTA 4: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.

NOTA 5: Las opiniones/interpretaciones/etc., que se puedan indicar, están FUERA del alcance de acreditación del SAE

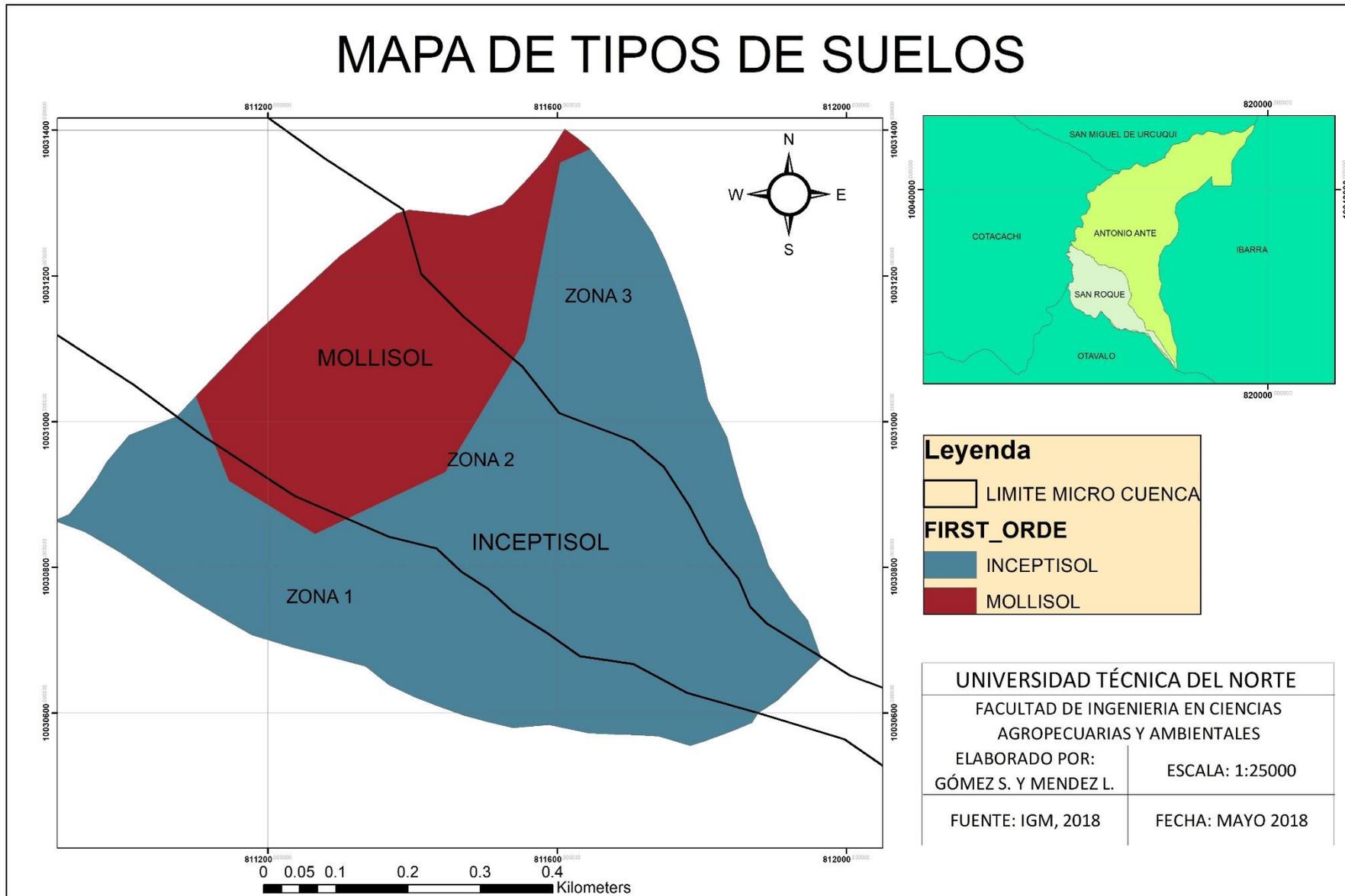
NOTA 6: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio, corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 30 días contados desde que se entrega el resultado.

f.ref.:POE:5.10.1 Rev.:09 Anexo 1

**Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio**

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús  
Telfs: (593 2) 2230342 / 2233792  
Fax: Ext. 102 Celular: 099649872  
e-mail: [info@centrocesal.com](mailto:info@centrocesal.com)  
[www.centrocesal.com](http://www.centrocesal.com)  
QUITO - ECUADOR

Anexo 8: Mapa de tipos de suelos



## Anexo 9: Resultado del análisis de agua muestra 1



### LABORATORIO EMAPA-I

<b>INFORME DE ENSAYO AGUA POTABLE Y CRUDA</b>		FMC2305-01
		Revisión: 1
Informe de Ensayo Nro: IECE17230		Pág. 1 de 2
Cliente: Sr. Sayri Gómez Dirección: Atuntaqui, Velasco Ibarra y 25 de Septiembre Fecha de recepción: 27 de Octubre del 2017 Identificación muestra: Muestra 1 San Roque Tipo de muestra: Cruda Cod. Lab: MEC17-033		
Fecha de realización de ensayos: 27/10/2017 - 31/10/2017		Fecha de emisión informe: 01 de Noviembre del 2017

#### REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Color**	Pt-Co	0	15	SM 2120B
pH	upH	7,41	-	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H'B)
Turbiedad**	NTU	0,20	5	SM 2130B
Conductividad	uS/cm	71,4	-	PEE-EMAPA-I-002 (SM 2510B)
Sólidos Totales Disueltos**	mg/l	39	-	SM 2510A

Incertidumbre del Método (K=2)				Condiciones Ambientales	
Parámetros	Unidades	Nivel	Valor	Temperatura	Humedad
pH	upH	4	EP	EP	EP
		7	EP		
		10	EP		
Conductividad	uS/cm	10	EP	EP	EP
		100	EP		
		500	EP		
		1413	EP		

\* En proceso de determinación

Dirección: Av. Atahualpa 21-323, Planta de Tratamiento Caranqui  
 Telf. (06) 2641-176 ext:117, laboratorio@emapai.gob.ec Casilla 754 / Ibarra – Ecuador

Anexo 10: Resultado del análisis de agua muestra 1



LABORATORIO EMAPA-I

Pág. 2 de 2

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible <sup>1</sup>	Método del Ensayo
Dureza Total **	mg/l (CaCO <sub>3</sub> )	38,12	-	SM 2320C
Magnesio (Mg)**	mg/l Mg	4,65	-	SM 3500-Mg B
Calcio (Ca)**	mg/l Ca	7,61	-	SM 3500-Ca B
Alcalinidad Total**	mg/l	36	-	SM 2320B

\*Observaciones:

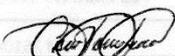
\* Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance de acreditación

Los ensayos marcados \*\* están fuera del alcance de acreditación

Los resultados sólo se refieren a la muestra receptada y analizada. El Laboratorio EMAPA-I declina toda responsabilidad por el uso que se le de al presente documento.

Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del Laboratorio EMAPA-I.

<sup>1</sup> Valores de referencia tomados de la NORMA INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos

  
 Bq. Carla Valarezo  
 JEFE DE LABORATORIO



Revisado R.T.: 

## Anexo 11: Resultado del análisis de agua muestra 2



### LABORATORIO EMAPA-I

<b>INFORME DE ENSAYO AGUA POTABLE Y CRUDA</b>		FMC2305-01
		Revisión: 1
Informe de Ensayo Nro: IECE18002		Pág. 1 de 2
Cliente: Sr. Lenin Mendez Dirección: San Roque, Quebrada Sagala Huaycu		
Fecha de recepción: 03/01/2018 Identificación muestra: Quebrada Sagala Huaycu Tipo de muestra: Cruda Cod. Lab: MEC18-002		
Fecha de realización de ensayos: 03/01/2018 - 10/01/2018		Fecha de emisión informe: 10 de Enero del 2018

#### REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICOS

Parámetros	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible <sup>1</sup>	Método del Ensayo
pH	upH	8,45	6,5-9	PEE-EMAPA-I-001 (SM 4500-H <sup>1</sup> B)
Conductividad	uS/cm	315	-	PEE-EMAPA-I-002 (SM 2510B)

Incertidumbre del Método (K=2)				Condiciones Ambientales	
Parámetros	Unidades	Nivel	Valor	Temperatura	Humedad
pH	upH	4	EP	EP	EP
		7	EP		
		10	EP		
Conductividad	uS/cm	10	EP	EP	EP
		100	EP		
		500	EP		
		1413	EP		

\* En proceso de determinación

## Anexo 12: Resultado del análisis de agua muestra 2



### LABORATORIO EMAPA-I

Pág. 2 de 2

#### REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICOS

PARÁMETROS	Unidades	RESULTADOS	Límite máximo permisible <sup>1</sup>	Método del Ensayo
<i>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i>	mg/l	14	40	PEE-EMAPA-I-003 (Método HACH 8000)
<i>Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**</i>	mg/l	2	20	SM 5210
<i>Nitratos (NO<sub>3</sub>)**</i>	mg/l	0,2	13	HACH 8039

\*Observaciones:

\* Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance de acreditación

Los ensayos marcados \*\* están fuera del alcance de acreditación

Los resultados sólo se refieren a la muestra receptada y analizada. El Laboratorio EMAPA-I declina toda responsabilidad por el uso que se le de al presente documento.

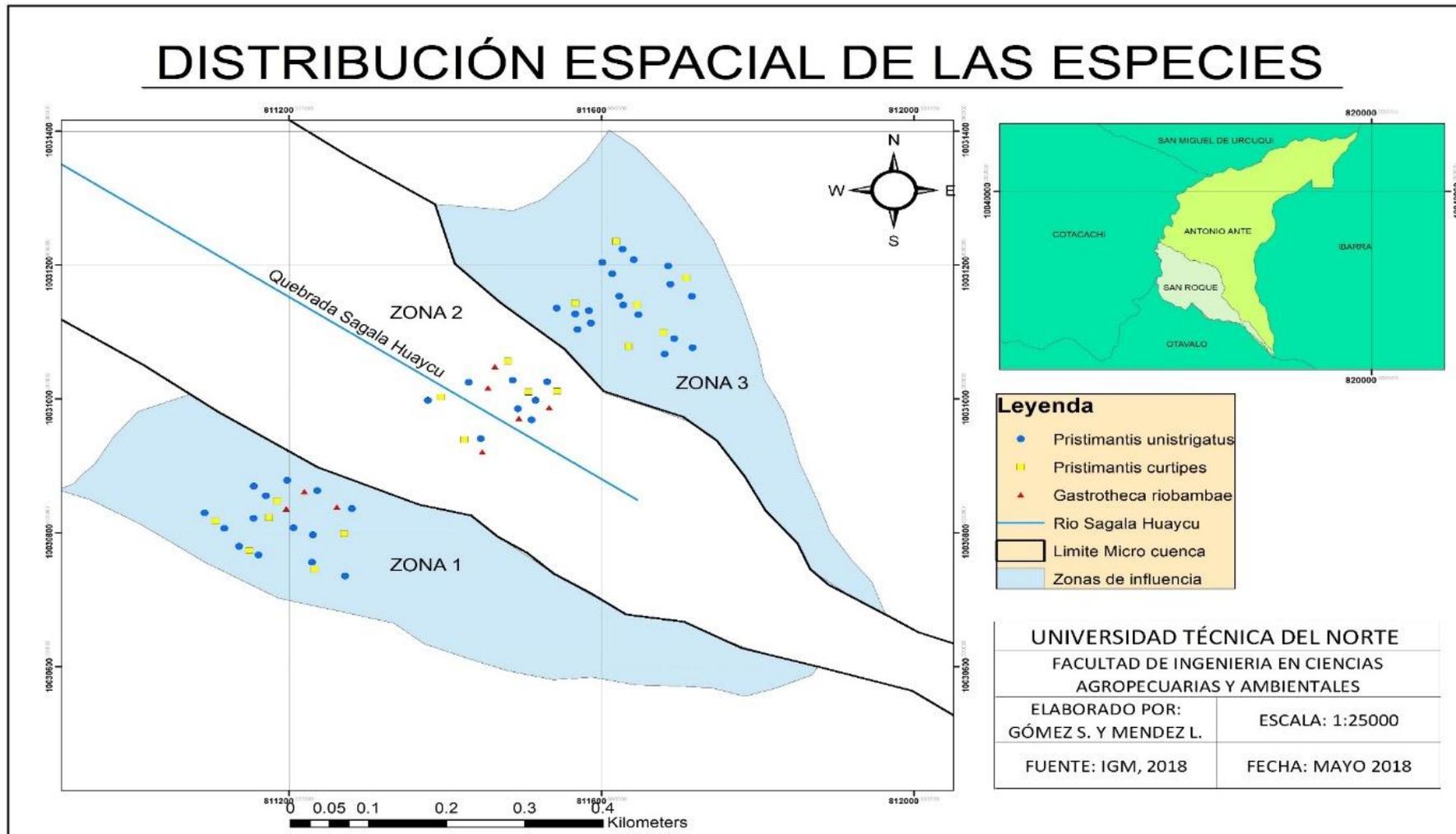
Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del Laboratorio EMAPA-I.

<sup>1</sup> Valores de referencia tomados TULAS Tabla 2. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios

  
Bq. Carla Valarezo  
JEFE DE LABORATORIO

Revisado R.T.: 

Anexo 13: Mapa de distribución espacial de las especies.



**Anexo 14:** Fotografías evidenciales de actividades antrópicas



**a)** Deforestación acelerada de la parte alta de la microcuenca



**b)** Remoción de la vegetación arbustiva de la parte alta de la microcuenca

