



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN  
DE MACROINVERTEBRADOS EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA  
DEL RÍO BLANCO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO UBICADO EN LA  
PARROQUIA EL SUCRE, CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL**

**ANDREA ESTEFANIA VILLEGAS CUJANO**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2019**

## HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA, que el proyecto de investigación titulado: ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO UBICADO EN LA PARROQUIA EL SUCRE, CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, de responsabilidad de la señorita Andrea Estefanía Villegas Cujano, ha sido prolijamente revisado quedando autorizada su presentación.

### TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN



Ing. Carlos Francisco Carpio Coba

**DIRECTOR**

Fecha: 17/04/2019



Dr. Henri William Herrera Moreno

**ASESOR**

Fecha: 17/04/2019

**RIOBAMBA-ECUADOR**

2019

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Andrea Estefania Villegas Cujano, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 17 de abril del 2019



Andrea Estefania Villegas Cujano

180443810-7

## AUTORÍA

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal y de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

  
Andrea Estefania Villegas Cujano  
180443810-7

## DEDICATORIA

*El presente trabajo va dedicado en primer lugar a mis padres Olga Cujano y Juan Villegas y mi abuelita Inés Pilla, por todo el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de todos estos años.*

*A mis hermanos y a Iván Gutiérrez, por estar siempre a mi lado ayudándome emocionalmente y físicamente en los momentos más difíciles de mi vida.*

*A mi hijo Dylan Gutiérrez Villegas, por ser mi fuente de inspiración, quien es la razón de mi vida y el más grande amor que he podido tener.*

*A mis amigos con los que compartí buenos momentos en el transcurso de la carrera y de los cuales me llevo un muy bonito recuerdo de todas las experiencias que pasamos juntos.*

*Les doy las Gracias a todos ustedes por todo su apoyo, comprensión y cariño, desde el fondo de mi corazón.*

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, a mis padres por estar siempre a mi lado apoyándome, por su confianza, paciencia y ser un gran ejemplo para mí.*

*A mis amigos que estuvieron conmigo en este largo proceso y me brindaron su apoyo.*

*A todos mis maestros de los cuales me llevo muy buenos recuerdos los cuales me supieron guiar a lo largo de mi formación académica.*

*A mi director el Ing. Carlos Carpio y a mi asesor el Dr. Henri Herrera por el apoyo y dedicación.*

*A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, al Laboratorio de Ciencias Biológicas, Departamento de Entomología dirigido por la Dra. Verónica Crespo y al equipo de investigadores Patricio Andino y Rodrigo Espinoza por las sugerencias y el apoyo brindado en esta investigación.*

*A la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH por permitirme formarme como profesional.*

## Tabla de contenido

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABLAS.....	ii
LISTA DE ANEXOS.....	iii
<b>I. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO UBICADO EN LA PARROQUIA EL SUCRE, CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA .....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>A. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>B. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Objetivo General.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>III. HIPÓTESIS.....</b>	<b>4</b>
<b>A. NULA.....</b>	<b>4</b>
<b>B. ALTERNANTE.....</b>	<b>4</b>
<b>IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
<b>A. PÁRAMO .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Conceptualización de Páramo.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Importancia del Páramo.....</b>	<b>5</b>
<b>B. CUENCA HIDROGRÁFICA .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Subsistemas de una Cuenca Hidrográfica.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Importancia de las Cuencas Hidrográficas.....</b>	<b>9</b>
<b>3. Partes de una cuenca hidrográfica.....</b>	<b>10</b>
<b>4. Tipos de cuencas hidrográficas .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Elementos que integran una cuenca hidrográfica .....</b>	<b>11</b>
<b>C. CALIDAD DEL AGUA.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Conceptualización .....</b>	<b>12</b>
<b>2. Impurezas presentes en el Agua.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Métodos de determinación de la Calidad del Agua.....</b>	<b>13</b>
<b>4. Los macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad del agua .....</b>	<b>14</b>
<b>D. RELACIÓN DE LOS FACTORES FISICOQUÍMICOS DEL AGUA CON LA FAUNA ACUÁTICA .....</b>	<b>15</b>
<b>1. Potencial de Hidrógeno (pH).....</b>	<b>15</b>
<b>2. Temperatura (T°).....</b>	<b>15</b>

3. Conductividad Eléctrica (CE) .....	16
E. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ABI .....	16
F. ÍNDICE BMWP .....	17
G. MACROINVERTEBRADOS.....	18
1. Hyalellidae.....	18
2. Scirtidae.....	19
3. Elmidae .....	19
4. Perlidae .....	20
5. Staphylinidae.....	21
6. Ceratopogonidae.....	21
7. Chironomidae .....	22
8. Empididae .....	23
9. Psychodidae.....	23
10. Simuliidae .....	24
11. Tabanidae .....	25
12. Tipulidae.....	25
13. Baetidae .....	26
14. Leptophlebiidae .....	26
15. Glossosomatidae .....	27
16. Hydrobiosidae .....	28
17. Leptoceridae.....	29
18. Anomalopsychidae.....	29
19. Limnephilidae .....	30
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	31
1. Localización .....	31
2. Temperatura .....	31
B. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	31
1. Precipitación .....	31
C. POBLACIÓN .....	31
D. ZONAS DE VIDA .....	32
1. Bosque siempre verde montano alto del norte de la cordillera oriental de los Andes.....	32
E. MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
1. Determinar la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados habitando el área de estudio. ....	32

2. Determinar la calidad del agua del Rio Blanco mediante los índices de calidad de agua ABI y BMWP. ....	34
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>38</b>
➤ Determinar la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados habitando el área de estudio. ....	38
<b>A. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>38</b>
<b>B. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS</b> .....	<b>39</b>
<b>A. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO</b> .....	<b>41</b>
<b>B. ÍNDICE BMWP</b> .....	<b>42</b>
<b>C. ÍNDICE ABI</b> .....	<b>46</b>
<b>VII. CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>IX. RESUMEN</b> .....	<b>52</b>
<b>X. ABSTRACT</b> .....	<b>53</b>
<b>XI. BILIOGRAFÍA</b> .....	<b>54</b>
<b>XII. ANEXOS</b> .....	<b>60</b>

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Áreas de Muestreo ubicado en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Figura 2.** Abundancia de macroinvertebrados ordenados en familia en las zonas de estudio en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Figura 3.** Abundancia de macroinvertebrados del Área de Muestreo 1 ordenados por familia en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Figura 4.** Abundancia de macroinvertebrados del Área de Muestreo 2 ordenados por familia en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Figura 5.** Abundancia de macroinvertebrados del Área de Muestreo 3 ordenados por familia en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI).

**Tabla 2.** Rangos de calidad del agua asignados por el índice BMWP/Col y su color representativo.

**Tabla 3.** Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI).

**Tabla 4.** Puntuación del Índice Biótico Andino (ABI) para familias de ríos alto andinos del Ecuador.

**Tabla 5.** Rangos de calidad del agua asignados por el índice BMWP/Col y su color representativo.

**Tabla 6.** Puntaje asignado a cada familia de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP.

**Tabla 7.** Puntos de las áreas de muestreo de la investigación en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 8.** Número de individuos registrados en la zona de estudio en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 9.** Valores de los análisis físico - químicos obtenidos en el monitoreo en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 10.** Valoración del Área de Muestreo 1 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 11.** Valoración del Área de Muestreo 2 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 12.** Valoración del Área de Muestreo 3 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 13.** Valoración de la calidad de agua según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 14.** Valoración del Área de Muestreo 1 según el índice ABI en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 15.** Valoración del Área de Muestreo 2 según el índice ABI en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 16.** Valoración del Área de Muestreo 3 según el índice ABI en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Tabla 17.** Valoración de la calidad de agua según el índice ABI en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** Reconocimiento del área en estudio.
- Anexo 2.** Toma de muestras en las distintas áreas de estudio.
- Anexo 3.** Toma de datos físico-químico in situ.
- Anexo 4** Limpieza de las muestras.
- Anexo 5.** Identificación de macroinvertebrados.
- Anexo 6.** Permiso de investigación del Ministerio del Ambiente de Tungurahua.

# **I. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN UN TRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO BLANCO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO UBICADO EN LA PARROQUIA EL SUCRE, CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

## **II. INTRODUCCIÓN**

Los ríos en el Ecuador sustentan el desarrollo de numerosas actividades como es el caso de las industrias agrícolas y ganaderas sin tener en cuenta el impacto que estas generan en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos causando problemas ambientales como la contaminación de ríos y lagos, disminución de caudales o pérdida de diversidad biológica asociados al agua dulce (Prado, 2015).

Los ríos que nacen en los páramos soportan grandes presiones, sobre todo por el aumento de las necesidades de agua en las zonas bajas. Esto ha provocado que en muchos casos los ríos y quebradas permanezcan secos por varios meses al año ya que el agua que los alimenta es tomada para consumo humano y canales de riego. Estas presiones adicionales a la ampliación de la frontera agrícola, sobre todo la ganadería en los páramos, está provocando una degradación permanente de la calidad y cantidad de agua disponible en los ríos y quebradas por esta razón y como parte del estudio sobre “El estado actual del ecosistema páramo en Tungurahua”, se realizó la caracterización biológica de los ríos ubicados en este ecosistema. Para esta caracterización se utilizó a los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua. Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en los ríos andinos en el Ecuador (Calles *et. al.*, 2010).

Algunos estudios han sido realizados en su mayoría en regiones altas (> 2000 msnm), y han sido descritos de manera extensa desde hace varias décadas para determinar la calidad de aguas que sale de los páramos y que sirven como recursos a las poblaciones aledañas. Este tipo de estudios se ha realizado en las regiones altoandinos del Parque Nacional Cajas (provincia de Azuay), Jubal (Chimborazo, Cañar, Tungurahua), Ozogoche (Chimborazo), Río Otonga (Pichincha), Río Antisana (Napo), Río Pilalo (Cotopaxi) y han permitido determinar que los cambios o deterioros en los ecosistemas acuáticos reducen constantemente las familias de macroinvertebrados y la biodiversidad local y regional. En general la ecología de los ríos en las zonas altas del Ecuador ha permitido

una gran diversidad de estudios de macroinvertebrados que reaccionan ante diferentes épocas y caudales como varios estudios realizados por Dangles et al (2011), en el museo de invertebrados (QCAZI), y otros como los publicados por Arroyo & Encalada (2009) en el colegio de biología (USFQ), entre otros. A pesar de que los sistemas dulceacuícolas abarcan una gran extensión de los ecosistemas ecuatorianos a varias altitudes son pocos los estudios de macroinvertebrados realizados en zonas bajas o tropicales que permitan conocer su dinámica y sensibilidad ante factores como la altitud y temperatura (Sánchez, 2015).

Los macroinvertebrados se utilizan comúnmente en la vigilancia biológica y se consideran indicadores útiles de alteraciones ambientales. Muchos grupos son ubicuos, que permite la comparación entre los sistemas y aunque se distribuyen irregularmente, la colección y la identificación es relativamente fácil. Muchos macroinvertebrados son colonizadores rápidos, que irregularmente, la colección y la identificación es relativamente fácil, que permiten identificar los cambios ambientales en periodos cortos de tiempo (Quevedo *et. al.* 2018).

## **A. JUSTIFICACIÓN**

El tema de la calidad del agua requiere mayor preocupación tanto para los habitantes como para la realización de sus actividades diarias. Según la Organización Mundial de la Salud: La preservación de la calidad del agua dulce es trascendental para el agua consignada al consumo, la producción de suministros alimenticios y el uso recreacional, la calidad del agua en el Ecuador se encuentran fuertemente amenazadas debido a las actividades antrópicas que se dan. Es por eso que con la presente investigación se quiere dar a conocer la calidad de agua en la microcuenca del Rio Blanco debido a las actividades antrópicas que se han dado en ese sitio y así poder implementar programas ya sea de restauración o conservación al mismo.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

Estudiar la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados en un tramo de la Microcuenca del Río Blanco en el Ecosistema Páramo ubicado en la Parroquia El Sucre, Cantón Patate, Provincia de Tungurahua.

### **2. Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados habitando el área de estudio.
- ✓ Determinar la calidad del agua del Río Blanco mediante los índices de calidad de agua ABI y BMWP.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **A. NULA**

Las actividades antrópicas no afectan la comunidad de macroinvertebrados en un tramo de la Microcuenca del Río Blanco en el Ecosistema Páramo ubicado en la Parroquia El Sucre, Cantón Patate, Provincia de Tungurahua.

#### **B. ALTERNANTE**

Las actividades antrópicas afectan la comunidad de macroinvertebrados en un tramo de la Microcuenca del Río Blanco en el Ecosistema Páramo ubicado en la Parroquia El Sucre, Cantón Patate, Provincia de Tungurahua.

#### **IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

##### **A. PÁRAMO**

##### **1. Conceptualización de Páramo**

El concepto “páramo” es tan complejo que es difícil definirlo. El páramo es un ecosistema, un bioma, un paisaje, un área geográfica, una zona de vida, un espacio de producción e inclusive un estado del clima. Además, el valor y el significado del mismo pedazo de páramo pueden ser muy distintos para el campesino que pasta sus animales o para el biólogo que estudia un bicho dentro de la paja. Esta complejidad de sentidos y de visiones refleja la gran importancia del páramo pero a la vez es el origen de muchos malentendidos y hasta de malas intenciones por parte de ciertos grupos de interés. De la misma manera, por ser un término tan complejo, descriptivo de diferentes sujetos similares y con anotaciones históricas, académicas, políticas y culturales, es muy difícil definir lo que realmente es un páramo (Medina & Mena, 2001).

Los páramos son ecosistemas naturales de alta montaña, en Sudamérica forman un corredor entre la cordillera de Mérida en Venezuela hasta la depreciación de Huancabamba al norte de Perú; aproximadamente entre los 8° latitud Norte y 11° latitud Sur (Hofstede et al. 2003; Mena & Hofstede 2006). En Ecuador comúnmente los páramos se ubican entre el límite superior del bosque a 3500 msnm y las nieves perpetuas (Mena & Hofstede, 2006).

##### **2. Importancia del Páramo**

La valoración e importancia de los ecosistemas va desde los bienes hasta los servicios que brinda para el funcionamiento normal del ser humano, es decir desde el punto de vista Ecológico, Económico y Social (Hofstede, 1997):

### **a. Importancia Ecológica del páramo.**

Al hablar de la importancia de los ecosistemas de altura hay que referirse a la regulación de los caudales de agua. Los páramos y los bosques andinos son fundamentales para la regulación de la hidrología a escala regional y constituyen la única fuente de agua para la mayoría de las poblaciones localizadas en las partes inferiores de los Andes y, por supuesto, de las poblaciones asentadas en las partes altas (Josse *et al.*, 1999).

En los páramos el clima es frío y generalmente húmedo. La gran humedad no se evidencia tanto por una precipitación alta: aunque existen regiones donde la cantidad de lluvia por año alcanza más que 3000 mm, la mayoría de los páramos tienen una precipitación media anual de unos 1000 mm hasta menos. Sin embargo, por el frío y la alta nubosidad a esta altura, la evaporación es muy baja y por esto existe un alto rendimiento de agua (precipitación - evaporación). Aparte de la precipitación vertical (lluvia), también llega bastante agua al ecosistema por precipitación horizontal: la intercepción de niebla. Esta cantidad es muy difícil para medir y solo existe un dato para páramos: en Costa Rica. Dorenwend observó un valor de 18% de la precipitación total con colectores de niebla en un páramo a 3500 m. También el rocío puede ser importante por las grandes diferencias de temperatura entre día y noche (Hofstede, 1997).

Se puede considerar que el páramo es el ecosistema más sofisticado para el almacenamiento de agua debido principalmente a la gran acumulación de materia orgánica (que aumenta los espacios para el almacenamiento de agua) y a la morfología de las plantas de páramo (que actúan como una verdadera esponja). Sin embargo, es necesario aclarar que los páramos no son “fábricas de agua”, como comúnmente se cree, sino que retienen y regulan los volúmenes de precipitación que reciben y que se caracterizan por no ser abundantes sino constantes a lo largo del año (Mena Vásquez, Medina, & Hofstede, 2001).

La descomposición de materia orgánica en el páramo es muy baja, causada por las bajas temperaturas y la alta humedad. Por esto, en situaciones con poca intervención humana siempre se encuentra un suelo humífero. La materia orgánica puede absorber agua por una suave carga eléctrica y por esto los suelos humíferos tienen una gran retención de

agua. En otras palabras: existe una relación mutua entre agua y materia orgánica: con mucha agua hay mucha materia orgánica (poca descomposición) y con mucha materia orgánica hay mucha agua (absorción) (Hofstede, 1997).

Parte de toda el agua en el suelo se mantiene inmóvil, encerrada en capilares muy delgados, mientras otra parte es móvil y retenida solo durante un periodo limitado. La parte móvil se establece en épocas húmedas, es retenida en el suelo y liberada en épocas secas. Es fácil determinar la cantidad total de agua en el suelo, conociendo la humedad del suelo y la densidad aparente. En total, el almacenamiento de agua en el primer metro del suelo puede alcanzar valores hasta más que 500 l.m<sup>-2</sup>, el equivalente de 500 mm o la mitad de la precipitación anual (Hofstede, 1997).

Pero aún más importante para entender la importancia hídrica del páramo es saber cuál parte de la cantidad total es móvil y durante cuánto tiempo puede ser retenida el agua. Hasta el momento sabemos muy poco de la dinámica de agua en el páramo, solo existen datos de la diferencia entre la cantidad de agua en la época seca y en época húmeda. Tampoco existen datos de la velocidad de percolación de agua por el suelo (Hofstede, 1997).

#### **b. Importancia Económica del páramo.**

Los beneficios económicos se relacionan con la productividad del suelo y la serie de cultivos propios de estas alturas (especialmente los tubérculos andinos) y con el comercio de animales que crecen en estas altitudes, lo que incluye carne, leche y sus derivados, lana, fibra, etc. También hay beneficios mucho menos obvios pero profundamente importantes como la regulación hídrica y el almacenamiento de carbono. La gran diversidad de paisajes que se encuentran en los páramos y que incluye nevados, lagunas, lagos, pajonales y bosques de altura, así como su accesibilidad relativamente fácil, determinan que el páramo constituya un sitio con alto potencial para la recreación (Mena Vásquez, Medina, & Hofstede, 2001).

### **c. Importancia Social del páramo.**

La importancia social se refleja primeramente en la cantidad de gente que usa de manera directa e indirecta el páramo para obtener servicios ambientales fundamentales para la sociedad. Alrededor de 500.000 personas viven en el ecosistema y lo usan cotidianamente para obtener productos que permiten su subsistencia (Medina *et al.*, 1997). Estas personas conforman un campesinado generalmente marginado y pobre que ha ido ocupando tierras más y más altas ante la imposibilidad de aprovechar las tierras fértiles más bajas. Los beneficios culturales se refieren a la relación que varios pueblos han establecido con su medio, en este caso el páramo, para poder desarrollar su sociedad. Existe una cultura paramera que se manifiesta a través de los topónimos, la vestimenta, la comida, las técnicas de uso de la tierra y los ritos, entre otros (Mena Vásconez, Medina, & Hofstede, 2001).

## **B. CUENCA HIDROGRÁFICA**

Una cuenca hidrográfica es la superficie de terreno en la cual el agua que se reúne de la precipitación es transferida a zonas más bajas topográficamente, a través de un sistema de drenaje, estas aguas se concentrarán en una zona que se le conoce como colector, el mismo que también realiza su descarga hacia cuencas cercanas, dependiendo el caso o también la descarga puede ser realizada hacia el océano. Los acuíferos y también las cuencas hidrográficas representan unidades fundamentales en hidrología (Breña, Agustín, & Jacobo, 2006).

Las cuencas hidrográficas son colectores naturales, mediante las mismas el agua que proviene de la lluvia se recoge en un solo punto mediante el proceso de escurrimiento, durante este proceso ocurren ciertos procesos que dan como resultado pérdidas del agua que se obtiene durante las precipitaciones, los principales procesos que ocurren son la percolación o filtración del agua a niveles inferiores del suelo, así como también evaporación del líquido al tener contacto con la superficie, y por la temperatura (Jiménez, 1986).

Para que los procesos de movimiento de masas de agua ocurran se necesita de la interacción de algunos factores entre los cuales destacan el clima de las zonas en donde

se encuentran los cuerpos de agua y las características fisiográficas, es decir la topografía de la zona lo que tendrá influencia directa en el escurrimiento del agua (Jiménez, 1986).

## **1. Subsistemas de una Cuenca Hidrográfica**

Al ser la cuenca un sistema está formado por subsistemas que a su vez se componen de elementos. Estos elementos varían de acuerdo al factor de intervención humana y al medio donde se encuentre la cuenca (Ordóñez, 2011).

Biológico.- conformado por la flora y la fauna nativos de la zona, y también se incluyen los cultivos de la actividad humana. Físico.- conformado por la geología, el suelo, recursos naturales, recursos hídricos y clima. Económico.- se refiere a las actividades que realiza el hombre para la producción como: agricultura, ganadería, servicios de accesibilidad como caminos, carreteras, servicios básicos como energía. Social.- conformado por elementos culturales, organizacionales, institucionales, políticos y legales como tenencia de la tierra, vivienda, agua potable, salud, educación, etc (Ordóñez, 2011).

## **2. Importancia de las Cuencas Hidrográficas**

Como territorio de ordenamiento ya se hablaba de las cuencas hidrográficas años atrás. En las conferencias de las Naciones Unidas y las Conferencias sobre el Agua y el Medio Ambiente que se han ido realizando se reafirmó el establecimiento de cuencas fluviales como territorio geográfico apropiado en la gestión de recursos naturales y del agua. La función ambiental que cumplen las cuencas es muy importante, ya que actúan como un sistema depurador de aire, ayuda a conservar las características de los suelos, regula los procesos biogeoquímicos e hidrológicos, lo cual ayuda a preservar la biodiversidad. Las cuencas mantienen el equilibrio de los ecosistemas, los cuales proveen los conjuntos habitacionales para el desarrollo de la flora y fauna que interactúan con la calidad del agua (Ordóñez, 2011).

Las cuencas constituyen un enorme sistema de captación de agua proveniente de la precipitación para formar distintos cuerpos de agua. Provee abastecimiento de recursos naturales que utiliza la humanidad en las actividades productivas para satisfacer sus necesidades. Permite el desarrollo sociocultural de las poblaciones humanas. Por estas razones es importante mantener las cuencas saludables (Ordóñez, 2011).

### **3. Partes de una cuenca hidrográfica**

En consideración del área de una cuenca hidrográfica se pueden diferenciar tres partes:

#### **a. Parte Alta o de recepción**

Representada por su alto relieve, esta área se encuentra amenazada en un alto porcentaje por erosión regresiva y la generación de derrumbes (Jiménez, 1986).

#### **b. Garganta**

Es la transición entre la parte alta y la parte más baja como el valle, donde presenta un encausamiento del río principal (Jiménez, 1986).

#### **c. Lecho o cono de eyección**

El río principal es conducido hasta la parte baja de la cuenca cuando las fuentes naturales varían su cauce como efecto de alteraciones como la erosión y consecuentemente de la sedimentación inducidos por las crecientes (Jiménez, 1986).

### **4. Tipos de cuencas hidrográficas**

Las cuencas hidrográficas se clasifican en cuatro tipos:

- ✓ Exorreicas
- ✓ Endorreicas
- ✓ Arreicas
- ✓ Criptorreicas

Esta clasificación se da por los puntos en donde desembocan los ríos, a continuación se detalla cada una de las mismas (De la Lanza *et al.*, 1999).

#### **a. Cuenca Exorreica**

Se define como la cuenca donde la fuente principal desemboca en el mar (De la Lanza *et al.*, 1999).

**b. Cuenca Endorreica**

Se conceptualiza como cuencas formadas por afluentes que tienen como punto de desagüe lagunas o charcas, esto indica que en cuerpos de agua que no tienen conexión con los puntos de desagüe de las cuencas exorreicas (De la Lanza *et al.*, 1999).

**c. Cuenca Arreica**

Resulta complejo determinar su desembocadura, ya sea porque tienen altos niveles de evaporación, lentos escurrimientos, o el agua filtra en el terreno antes de llegar a redes de drenaje mayores, generalmente estas cuencas ocurren en arroyos, y con volúmenes de agua pequeños, estas cuencas no tienen desembocadura en ríos o cuerpos de agua importantes (De la Lanza *et al.*, 1999).

**d. Cuenca Criptorreica**

Consiste en un territorio de drenaje subterráneo que no muestra una red de drenaje determinada, lo que indica que las corrientes de agua se desvanecen de forma espontánea (De la Lanza *et al.*, 1999).

**5. Elementos que integran una cuenca hidrográfica**

La cuenca hidrográfica está constituida por elementos puntuales que pueden identificarse en la misma y que resultan de gran utilidad como son:

- ✓ Río principal
- ✓ Afluentes
- ✓ Relieve
- ✓ Obras humanas (González, 2009).

**a. Río principal**

Se define como río principal al curso de agua dentro del área de la cuenca, que presente mayor caudal, el mismo que puede ser medio o máximo, o que posea la mayor longitud o mayor área de drenaje en una cuenca (González, 2009).

## **b. Afluentes**

Son todos los ríos que desaguan o desembocan en el río que se considere como río principal, se consideran ríos secundarios, y cada uno de ellos tiene una respectiva cuenca denominada subcuenca (González, 2009).

## **c. Relieve de la cuenca**

Este parámetro se considera por los valles presentes en el área de la cuenca, y considera los valles que son principales y secundarios, así como también quebradas, mesetas, torrentes, montañas y sus respectivos flancos. El relieve de la cuenca considera las formas de altos y bajos relieves, así como también la red fluvial presente (González, 2009).

## **d. Obras humanas**

Son todas las construcciones realizadas por el hombre en el área de la cuenca, entre las que destacan asentamientos humanos, obras para riego, cultivos, sistemas para obtención de energía, y vías de comunicación (González, 2009).

# **C. CALIDAD DEL AGUA**

## **1. Conceptualización**

Calidad del agua es el conjunto de características, composición, concentraciones, especificaciones y el estado de la biota las cuales influyen sobre su idoneidad para un uso específico. Los requerimientos de la calidad del agua varían para ciertos usos, es decir que el agua que se destinará al consumo humano no son los mismos que la calidad del agua para riego por ejemplo (Romero, 2005).

La evaluación de la calidad del agua de un río se centra en las características físicas y químicas del agua. Sin embargo para una valoración completa se toma en cuenta otros factores como las condiciones climáticas, cultivos aledaños que ocupan el agua para riego, el tipo de suelo, si se utiliza para uso doméstico. La calidad del agua de un río indica el estado de salud en el que se encuentra (López *et al.*, 2004).

## **2. Impurezas presentes en el Agua**

El agua además de ser un componente primordial en el cuerpo humano, es útil para el abastecimiento humano y el desarrollo económico de un territorio. Los diferentes usos del agua son: Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje, Energía hidroeléctrica entre otros. Hablando de cifras estadísticas, la producción de alimentos representa el 80% en consumo de agua. La Organización de las Naciones Unidas afirma que El Agro uno de los principales proveedores de servicios y productos agrícolas utiliza el 70% de toda el agua extraída del mundo (Romero, 2005).

El agua potable es transportada por sistemas de tuberías hacia su destino principal, el consumo doméstico que se ubica en el segundo lugar como gran consumidor con el 1,2% del agua dulce. La actividad industrial ocupa el tercer lugar en el uso de agua dulce para sus diversos procesos, además utiliza el agua como receptor de aguas contaminada que deterioran la calidad del agua. La contaminación del agua imposibilita su disponibilidad para el desarrollo de la vida (CARE, 2012).

El agua pura existe de forma teórica, pero naturalmente no existe. Debido a que el agua es el disolvente universal, recoge impurezas cuando recorre el ciclo hidrológico. Si hablamos de aguas en zonas altas donde no hay población o ésta es escasa, el agua de igual forma va a contener impurezas pero en menor proporción (Romero, 2005).

Los ríos y quebradas recogen impurezas de las rocas, del suelo y de las descargas de aguas de carácter doméstico e industrial; transportándoles a través de su drenaje. El agua subterránea contiene impurezas debido a los estratos por los que recorre. Las impurezas del agua se encuentran de forma diluida o en suspensión. Estas impurezas deben ser removidas si hacen el agua inadecuada para uso doméstico o industrial (Romero, 2005).

## **3. Métodos de determinación de la Calidad del Agua**

Los métodos de determinación de la calidad del agua se encargan del análisis de un agua con el objetivo de conocer sus características físicas, químicas y biológicas, de manera que se pueda definir su aptitud para uso doméstico, industrial, agrícola, recreacional, etc. De esta manera se puede aplicar los requerimientos legales, económicos, de gestión

adecuada o tratamiento según lo amerite. Estos métodos son los siguientes (Yungán, 2010):

#### **a. Método Biológico**

Hace uso de especies de organismos vivos como indicadores de la calidad del agua. Se basan en la composición de comunidades de especies específicas, los más utilizados son las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en estudios de calidad de agua en ríos. Estos macroinvertebrados son identificados con índices bióticos (Yungán, 2010).

Este método es complementario al método físico-químico, debido a que los seres vivos pueden integrar periodos largos en el tiempo, a diferencia de los métodos físico-químicos que son más puntuales (Yungán, 2010).

#### **b. Método físico-químico**

Se refiere a la medición de parámetros físico-químicos del agua, este método es el único en determinar los contaminantes presentes en el agua. La valoración de la calidad del agua solamente por éste método no ofrece datos sobre la alteración biótica del agua (Yungán, 2010).

### **4. Los macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad del agua**

Los macroinvertebrados son especies de invertebrados, su tamaño es visible al ojo humano entre 0,5 mm y 3 mm. Pueden ser artrópodos, las formas larvianas de los insectos, los oligoquetos, hirudíneos, moluscos, celentéreos, briozoos o platelmintos. Esta fauna responde a las alteraciones del ecosistema, cambios en la composición del agua y la contaminación del medio. Los macroinvertebrados como mejores indicadores de calidad del agua presentan las siguientes ventajas:

- a.** La variedad de hábitats que ocupan, y su abundancia.
- b.** Al ser sedentarios la mayoría, reflejan las condiciones locales y son fáciles de recolectar.

- c. Se pueden identificar fácilmente debido a que son visibles al ojo humano, en comparación con otros organismos como bacterias, por ejemplo.
- d. Sus ciclos de vida son largos por eso son sensibles a los cambios que se den en su entorno. No varían tanto genéticamente (Castellón, 2013).

## **D. RELACIÓN DE LOS FACTORES FISICOQUÍMICOS DEL AGUA CON LA FAUNA ACUÁTICA**

La composición química del agua está relacionada directamente con la capacidad del agua de mantener elementos y sustancias sólidas y gaseosas en solución, fundamentales para el desarrollo de la biota (Mora & Soler, 1993).

Los parámetros fisicoquímicos del agua determinados por factores ambientales influyen de manera directa en la diversidad de las comunidades de los macroinvertebrados. Factores como la profundidad, pH, alcalinidad, dureza, iones de calcio, clase de sedimentos, materia orgánica y contaminantes tanto industriales como domésticos, determinan la abundancia relativa de las comunidades (Mora & Soler, 1993; Prat & Rieradeval, 1998). Adicionalmente la calidad del agua está influida por las interacciones de la vegetación, suelos y tiempo de inundación (Batlle & Golladay, 2001).

### **1. Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH se define como la concentración del ión hidrógeno presente en el agua. Es una propiedad química del agua que indica su acidez o basicidad. La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte, con iones hidróxido, para ceder protones, o su contenido de sustancias ácidas a un pH designado (Romero, 2002).

El pH del agua puede variar en una escala de 0 a 14, cuando el valor es mayor de 7 es un pH básico, en cambio cuando está por debajo de 7 se designa como ácido. Juega un papel primordial en el desarrollo de la vida acuática por participar en varios procesos químicos y biológicos, además que a ésta propiedad se debe la capacidad de autodepuración de los ríos y corriente determinando de ésta manera su contenido de materia orgánica DBO y DQO (Rice, 2012).

### **2. Temperatura (T°)**

La temperatura es una propiedad física del agua, se refiere a la medida de la energía térmica de las partículas del agua, de este análisis depende los cambios que ocurren en la medición del pH y la conductividad debido a que el agua absorbe oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera puede acelerar o retardar las actividades biológicas, ocurren reacciones química y bioquímicas dependiendo de la temperatura que se encuentre el agua (Severiche *et al.*, 2013).

Los organismos acuáticos requieren determinadas condiciones de temperatura para sobrevivir. Por ejemplo las temperaturas elevadas de los vertidos en cuerpos de agua tienen un impacto ambiental significativo en esos ecosistemas. La temperatura se relaciona con otros indicadores como el grado de saturación del Oxígeno disuelto, pH y otras variables (Rice, 2012).

### **3. Conductividad Eléctrica (CE)**

Mide la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica. Esto se debe a la cantidad de iones disueltos que existen y va a depender de la concentración absoluta y relativa, movilidad y su valencia, viscosidad de la solución y a que temperatura se encuentre estas sustancias. Este parámetro se lo utiliza para obtener un valor estimado de sólidos disueltos que se encuentran en la muestra de agua (Romero, 2009).

### **E. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ABI**

El ABI (Ríos-Touma *et al.* in prep. Acosta *et al.* 2009) es un índice biótico que sirve para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos. Este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio (Roldán, 2003).

La principal ventaja de utilizar el índice ABI es que permite utilizar a los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua, a partir de información taxonómica a nivel de Familia y es específico para las zonas andinas (>2000 msnm).

Además, la metodología requiere solo de datos cualitativos, (presencia o ausencia de familias), lo que hace de ella una alternativa económica, sencilla y que requiere de poca inversión de tiempo (Roldán, 2003).

**Tabla 1.** Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI)

<b>ABI</b>	<b>Calidad de agua</b>
<b>&gt; 96</b>	Muy buena
<b>59 – 96</b>	Buena
<b>35 – 58</b>	Regular
<b>&lt; 35</b>	Malo

Fuente: (Acosta *et al.*, 2009)

## **F. ÍNDICE BMWP**

El método biológico Biological Monitoring Working Party (BMWP) permite estimar la calidad del agua para el estudio de la fauna béntica (macroinvertebrados) en función de la tolerancia frente a la polución orgánica. Este método estableció en Inglaterra en 1970 de forma sencilla y rápido para evaluar la calidad del agua mediante la utilización de los macroinvertebrados como bioindicadores principalmente debido al poco presupuesto y tiempo que se necesita invertir (De la Heras & Alcaraz, 2005).

Al utilizar el BMWP es necesario identificar las muestras de macroinvertebrados hasta nivel de familia y se utilizan datos cualitativos (presencia o ausencia de cada familia) que expresan la sensibilidad en un rango que va del 1 al 10 (Perez, 2003).

El 10 indica el grupo más sensible y significa la presencia de muchos organismos pertenecientes a familias con valor 10 y consecuentemente, indica que el río posee aguas limpias. Por otra parte, si se encuentran organismos resistentes es decir con valores bajos nos da a conocer que el río tiene aguas contaminadas o de mala calidad. La suma de todos los puntajes de todas las familias presentes en la muestra analizada resulta en un

valor total BMWP, con el cual se puede determinar la clase de agua que se encontró (Roldán, 2009).

**Tabla 2:** Rangos de calidad del agua asignados por el índice BMWP/Col y su color representativo.

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150 101 - 120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

**Fuente:** (Roldan & Ramírez, 2008).

## G. MACROINVERTEBRADOS

### 1. Hyaellidae



**Orden:** Amphipoda

**Familia:** Hyalellidae

**Descripción.** Organismos de cuerpo comprimido lateralmente, miden entre 5,5 mm y 10,5 mm, de coloración blanquecina o amarillenta, la primera antena no tiene flagelo, presenta ojos y no tienen palpo mandibular. Poseen 3 pares de pleópodos con ramas multiarticuladas. Tienen el telson libre del ultimo somito abdominal, presenta 3 pares de urópodos siendo el primero más largo que el segundo, el primer y segundo urópodo son birramosos y el tercero es unirramoso (Peralta, 2001).

**Aspectos ecológicos.** Viven en aguas corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones (Roldán 2003).

Algunas especies son detritívoras y depredadoras de zooplancton y larvas de quironómidos (Peralta, 2001).

## 2. Scirtidae



**Orden:** Coleoptera

**Familia:** Scirtidae

**Descripción.** Las larvas son de cuerpo blando, de forma oval- elongados; aplanados dorsalmente; la longitud total del cuerpo varía 4,0 – 5,5 mm. Antenas largas y multisegmentadas; patas con 5 segmentos, incluyendo la uña; la tibia y el tarso están fusionados; abdomen presenta 8 segmentos (Roldán, 1988).

**Aspectos ecológicos.** En esta familia las larvas son acuáticas y los adultos son terrestres (Merritt y Cummins, 1984). No obstante, los adultos se encuentran sobre la vegetación cercana a los cuerpos de agua, sus hábitos alimenticios se desconocen (Archangelsky, 2001). Las larvas habitan una variedad de ambientes acuáticos representados en ríos, arroyos, estanques y lagunas (Mc Cafferty, 1981). Las larvas algunas son detritívoras, mientras que otras son herbívoras (Roldan, 1988).

## 3. Elmidae



**Orden:** Coleoptera

**Familia:** Elmidae

**Descripción.** Las larvas son de cuerpo elongado, miden de 3-14 mm. El abdomen está dividido en 9 segmentos, el noveno segmento presenta en la superficie ventral un opérculo, el cual contiene las branquias a modo de finas pilosidades. Los adultos son de cuerpo endurecido, de forma oval-elongados. Miden entre 2,5-7,0 mm. Antenas largas y

filiformes; tarsos con 5 tarsomeros, el 5 tarsomero tan largo como los 4 primeros combinados (Arias, 2004).

**Aspectos ecológicos.** Esta familia es completamente acuática; aunque los adultos de algunas especies son encontrados fuera del agua. (McCafferty, 1981). Tanto las larvas como los adultos se encuentran adheridos a una diversidad de sustratos, principalmente en ríos y arroyos (Roldan, 1988). Los sustratos incluyen: troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergente y emergente. De acuerdo con los hábitos alimenticios existen algunos herbívoros, mientras que otros son detritívoros (Merritt y Cummins, 1984).

#### 4. Perlidae



**Orden:** Plecoptera

**Familia:** Perlidae

**Descripción.** La familia Perlidae se caracteriza principalmente por no presentar ramilletes de agallas ventrales en el abdomen (del 1 al 3 segmento), paraglosas mucho más largo que la glosa (Merritt y Cummins, 1996), y además redondeado en el ápice; superficie dorsal usualmente estampada con contraste de áreas claras y oscuras (Baumann, 1987), agallas filamentosas altamente ramificadas sobre las aberturas del torax (Merritt y Cummins, 1996), las patas extendidas sobrepasan el ápice del abdomen, los cercos sobrepasan los  $\frac{3}{4}$  de la longitud del abdomen, almohadillas alares del metatórax casi rectas lateralmente y, agallas anales a menudo están presentes (Baumann, 1987).

**Aspectos ecológicos.** Las larvas del Perlidae son predadores que habitan aguas frías, limpias y corrientosas de ríos y quebradas (Baumann, 1987), y tienden a ubicarse en temperaturas de agua y tipos de sustrato específicos (Merritt y Cummins, 1996). Estas características hacen a la familia sensible a las condiciones del hábitat y la calidad del agua, por tanto en este aspecto radica su importancia como bioindicador ecológico. Se

alimentan de insectos más pequeños, y a su vez, constituyen el alimento de una gran variedad de peces, haciéndolo un eslabón importante de la cadena trófica en los cuerpos de agua (Zúñiga, 2004).

### 5. Staphylinidae



**Orden:** Coleoptera

**Familia:** Staphylinidae

**Descripción.** Los adultos son de cuerpo alargado, miden de 10-12 mm, las antenas son largas y multisegmentadas (11 segmentos). Elytros recortados cubriendo tan solo los 2 primeros segmentos abdominales. Tarsos con 6 tarsómeros (formula tarsal 5-5-5). Además, cada tarso presenta 2 uñas (Merritt y Cummins, 1996).

**Aspectos ecológicos.** Dentro de la familia staphylinidae pocas especies son realmente acuáticas (Merritt y Cummins, 1996). La mayoría de las especies de este grupo viven en ambientes húmedos situados en las márgenes de los ríos, embalses y lagunas. Un gran número de especies son predadores en su estado adulto; mientras que en otros no se conoce aún sus hábitos alimenticios (Roldán, 1988).

### 6. Ceratopogonidae



**Orden:** Diptera

**Familia:** Ceratopogonidae

**Descripción.** Su tamaño varia de 1 a 8 mm de longitud, el color del cuerpo es café, gris, negro, verde. Cabeza capsulada, diferenciada y estructurada. El cuerpo puede ser

aplanado o cilíndrico, de consistencia rígida y coloraciones de amarillo a verde. El tórax y el abdomen no se diferencian entre sí; el último segmento abdominal puede presentar apéndices con relevancia taxonómica (Sánchez, 2004).

**Aspectos ecológicos.** Habitan en aguas lólicas, adheridos a rocas emergentes, en aguas lénticas, charcas y lagos con material vegetal en descomposición (Roldán, 1996). Sus estadios preimaginales son acuáticos, fango o arena húmeda a orilla de pantanos, charcos ríos y aguas salobres semiacuáticos y terrestres bajo la corteza de madera húmeda (Wirth, 1974).

## 7. Chironomidae



**Orden:** Diptera

**Familia:** Chironomidae

**Descripción.** Coloración, verde, amarilla, beige, blanca y café. Tamaño varía de 2 a 13 mm de longitud. Cabeza capsulada, bien desarrollada, esclerotizada y no retráctil. El tórax y el abdomen están bien fusionados, alargados y cilíndricos (Sánchez, 2004). Dos prolongaciones, una a nivel del protórax y otra en el último segmento abdominal (Roldán, 1996). Cuerpo generalmente provisto de setas o pelos ordenados en hilera, en mechones o irregularmente distribuidos, en el último segmento abdominal se localiza un par de procercos que generalmente finalizan con un mechón de largas setas anales. Entre los procercos y los parápodos posteriores se ubican los túbulos anales, cuyo número puede variar de 2 a 6, cortos, digitiformes o largos y adelgazados (Paggi, 2001).

**Aspectos ecológicos.** Se encuentra en cuerpos de agua tanto naturales como artificiales, en aguas someras o profundas, corrientes o estancadas, sobre amplias superficies o en pequeños reservorios (bromeliáceas, axilas de las plantas) (Paggi, 2001). También se les encuentra en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición. Son indicadores de agua mesoeutróficas (Roldán, 1996). Las larvas pueden ser macrófagas (carnívoras), micrófagas (fitófagas) o detritívoras (Paggi, 2001).

## 8. Empididae



**Orden:** Diptera

**Familia:** Empididae

**Descripción.** Longitud del cuerpo varía de 2 a 6 mm, color del cuerpo beige, verde oscuro, amarillo. Cuerpo cilíndrico, fusiforme, los segmentos abdominales se caracterizan por la presencia de dos hileras de prolongaciones cortas que terminan en ganchos. La cabeza es aguzada y retráctil. El último segmento abdominal es redondeado y abultado, provisto de setas (Sánchez, 2004).

**Aspectos ecológicos.** Viven en corrientes lentas en áreas marginales adheridos a la vegetación (Merritt y Cummis, 1996). Sus estadios inmaduros se encuentran en el suelo y material vegetal en descomposición. Las larvas como los adultos suelen ser depredadores, son acuáticas e higropetrícolas (Smith, 1989).

## 9. Psychodidae



**Orden:** Diptera

**Familia:** Psychodidae

**Descripción.** Color del cuerpo café, negro, miden entre 2 y 4 mm de longitud. El cuerpo no presenta prolongaciones o pseudópodos, los segmentos torácicos y abdominales están subdivididos formando un anillo, algunos géneros presentan el cuerpo aplanado, con discos succionadores en la línea media ventral, otros géneros poseen cuerpo cilíndrico y tienen modificaciones en el último segmento abdominal (Duckhouse, 1985).

**Aspectos ecológicos.** Se encuentra en aguas lólicas bien oxigenadas, sobre sustratos rocosos (Roldán, 2003), en zonas con material alóctono y en descomposición, con alta intervención antrópica (Sánchez, 2004). Las especies acuáticas se encuentran en receptáculos de plantas, pantanos o en el borde de aguas dulces donde el suelo está húmedo y es ocasionalmente sumergido (Duckhouse, 1985).

## 10. Simuliidae



**Orden:** Diptera

**Familia:** Simuliidae

**Descripción.** Su tamaño varía entre 1 a 10mm, la coloración es beige, amarilla, verde y café, cápsula cefálica bien formada, en la que se ubican una serie de apéndices que forman una estructura similar a un abanico filtrador (Sánchez, 2004).

El abdomen presenta sus segmentos anteriores delgados y hacia su parte terminal más ensanchados, con la presencia característica de un anillo de hileras de ganchos en la parte terminal del cuerpo (Coscarón 1989) Presentan una propata torácica y en el último segmento abdominal un disco anal para adherirse al sustrato (Sánchez, 2004).

**Aspectos ecológicos.** Generalmente escogen sitios con flujos de agua continuo y rápido; se ubican cerca de la superficie donde existe mayor concentración de oxígeno sobre hojas o ramas o bien sustratos pedregosos libres de algas y fango que permiten su fijación, no se les encuentra sobre limo, ni tampoco cuando hay muchas algas unicelulares. Se encuentran con mayor frecuencia en aguas correntosas, también en pequeños riachuelos naturales y artificiales. Son considerados indicadores de aguas oligotrófica (Coscaron, 1989; Roldán, 1996).

## 11. Tabanidae



**Orden:** Diptera

**Familia:** Tabanidae

**Descripción.** Cuerpo de color beige y longitud del cuerpo de 23mm. Larva cilíndrica, rígida, con cortas prolongaciones en cada uno de los segmentos, órganos respiratorios en la parte posterior del cuerpo, el último segmento abdominal termina en un sifón que puede presentar espinas (Tabanus) o ausencia de estas (Roldán, 1988).

**Aspectos ecológicos.** Se encuentra enterradas en sedimentos o debajo de piedras, como también en aguas corrientes o peñascos con materia orgánica en descomposición, (indicadores de aguas mesoeutróficas) (Roldán, 1996; Merritt y Cummins, 1996). Las larvas se encuentran en diversidad de hábitat pero el mayor porcentaje de especies son acuáticas o semiacuáticas, habitan aguas corrientes o estancadas, lentas, huecos de árboles o receptáculos de plantas, suelo húmedo o madera en descomposición. Aguas con material orgánico en descomposición, en áreas marginales adheridos a la vegetación (Roldán, 1988).

## 12. Tipulidae



**Orden:** Diptera

**Familia:** Tipulidae

**Descripción.** Coloración, amarilla, beige, blanca y café. Tamaño varia de 2 a 28.5 mm de longitud (Roldan, 1996).

**Aspectos ecológicos.** Se encuentran en ecosistemas lóticos y lénticos, entre fango y materia orgánica en descomposición, en algas que crecen sobre piedras emergentes. El hábitat acuático más común de los Tipulidae es el lodo, fango y fragmentos orgánicos en las márgenes de arroyos, charcos, pantanos, los cojines de algas o briofitas, márgenes arenosos de arroyos poco profundos (Alexander y Byers, 1981).

### 13. Baetidae



**Orden:** Ephemeroptera

**Familia:** Baetidae

**Descripción.** Las ninfas de los pisciformes pequeños generalmente tienen cuerpos hidrodinámicos, y son nadadores proficientes en aguas calmadas o capaces de mantenerse firmemente en corrientes en ocasiones rápidas. (McCafferty, 1996). Las ninfas presentan un tamaño de 4.5-8.0 mm. Tienen ocelos laterales posteriores a los extremos de las ramas laterales de la sutura epicraneal, con antenas generalmente largas, dos o más veces el ancho de la cabeza (Torres, 2004).

**Aspectos ecológicos.** Son buenos nadadores, Asociados a vegetación, aunque también se pueden hallar sobre piedras (Zuñiga *et al.*, 2004). Habitan preferentemente en sustratos pedregosos, aunque se encuentran en menor número en musgo pero siempre en corriente rápida. Se alimentan aparentemente como raspadores del biofilm y tiene un espectro amplio en términos de calidad de agua y condiciones ecológicas del hábitat (Zuñiga *et al.*, 2004).

### 14. Leptophlebiidae



**Orden:** Ephemeroptera

**Familia:** Leptophlebiidae

**Descripción.** Ninfas de forma y tamaño variable 6.0-10.0 mm. Cuerpo aplanado, cabeza prognata con la región dorsal parcialmente formada por las mandíbulas, palpos labiales y maxilares de tres segmentos, clípeo fusionado a la frente, branquias abdominales con dos láminas y tres filamentos caudales de tamaño similar (Chacón y Segnini, 1996). Tamaño variable entre 4 y 30mm aproximadamente. Branquias abdominales en los segmentos 1-7 o 2-7. Las ninfas son muy diversas en la forma del cuerpo y en la morfología de las branquias. Así en algunas pueden tener forma de pececillo, mientras que otras pueden ser más aplanada (McCafferty, 1996).

**Aspectos ecológicos.** Las ninfas habitan muchos tipos de corrientes, y ocurren en una variedad de sustratos (McCafferty, 1996). Las ninfas habitan ríos y arroyos de corriente rápida y generalmente se encuentran en los paquetes de hojas o en la vegetación sumergida, aunque también es frecuente hallarlos bajo piedras (Zuñiga *et al.*, 2004). Prefieren aguas con buen nivel de oxígeno disuelto y baja carga orgánica residual. (Zuñiga *et al.*, 2004). Se alimentan de detritos y algas, unas pocas son omnívoras. Tienen hábitos recolectores, raspadores y filtradores (Chacón y Segnini, 1996).

#### 15. Glossosomatidae



**Orden:** Trichoptera

**Familia:** Glossosomatidae

**Descripción.** Larvas anchas; pronoto esclerotizado, en vista dorsal prolongado o más ancho en su parte media; meso y metanoto membranoso o con pequeños escleritos; patas casi de igual tamaño y pseudopatas anales de un tipo intermedio entre las típicas de los Annulipalpia y las de los Integripalpia. Construyen casas adheridas fuertemente a un sustrato determinado, en forma de tortuga (Angrisano, 1998).

**Aspectos ecológicos.** Construyen capullos con forma de caparazón de tortuga, con dos orificios ventrales: por el anterior asoman la cabeza y las patas torácicas, por el posterior sacan las pseudopatas anales, que en este grupo son usadas para desplazarse. Este tipo de construcción no permite el agrandamiento a medida que crece la larva, por lo que en cada estadio deben desechar el viejo capullo y construir uno nuevo más grande. Antes de empupar, la larva corta y descarta la brida ventral de su capullo y fija los bordes de la bóveda al sustrato; dentro de éste luego teje un capullo de seda, totalmente cerrado en el que empupan (Angrisano, 1998).

## 16. Hydrobiosidae



**Orden:** Trichoptera

**Familia:** Hydrobiosidae

**Descripción.** Las larvas tienen la boca dirigida hacia delante (prognata), solo poseen el pronoto esclerotizado. El mesonoto y el metanoto son totalmente membranosos. Patas anteriores queladas (la uña formada por una expansión ventral del fémur se opone a la tibia y a los tarsos, formando una pinza), utilizadas para capturar presas, y pseudopatas anales largas, caminadoras (Roldan, 1988; Angrisano, 1998). Esclerito de color oscuro en la parte dorsal del noveno segmento abdominal (Guevara, 2004).

**Aspectos ecológicos.** La mayoría de los individuos de esta familia son de vida libre, sin estuche, hacen refugio o red hasta la pupación, se encuentran sobre las piedras en corrientes de agua fría de las montañas; sólo unas pocas habitan en las zonas de ríos de tierras bajas. Estas larvas, debido a sus configuraciones anatómicas, parecen ser exclusivamente depredadoras (Angrisano, 1998).

## 17. Leptoceridae



**Orden:** Trichoptera

**Familia:** Leptoceridae

**Descripción.** Larvas con antenas pequeñas pero reconocibles, mientras que en las demás familias son tan pequeñas que se confunden con pelos; tienen patas muy largas, especialmente las posteriores; fémures divididos, tibia y/o tarso a veces divididos; abdomen con branquias simples; construyen capullos cónicos con material diverso, algunos son producto del acondicionamiento de una ramita ahuecada, otros son construidos con pedacitos alargados y delgados de plantas dispuestos espiralmente y algunos son realizados enteramente en seda. Algunas veces presentan una saliente dorsal sobre el primer segmento abdominal prominente. Las patas posteriores largas (más largas que los otros dos pares) y proyectadas hacia adelante (Roldán, 1988; Angrisano, 1998).

**Aspectos ecológicos.** Se encuentra en aguas lóxicas limpias, de alta montaña, tanto en rocas donde hay mucha corriente como en remansos con vegetación las larvas son detritívoras o depredadoras, generalmente viven cerca del sustrato, pero algunas larvas pueden nadar moviendo sus patas metatorácicas como remos. Se alimentan raspando diatomeas de las superficies expuestas de las rocas y viven fuera del agua adheridas a estas, en la zona de salpique de las cascadas y corrientes torrenciales de las zonas altas (Roldán, 1988).

## 18. Anomalopsychidae



**Orden:** Trichoptera

**Familia:** Anomalopsychidae

Tienen el pronoto alargado. La uña anal es larga y recta. Construyen capullos en forma de cono utilizando materiales diversos como piedras y arena (Encalada *et al.*, 2011).

**Hábitat:** Se los encuentra en ríos y arroyos entre rocas (Encalada *et al.*, 2011).

### 19. Limnephilidae



**Orden:** Trichoptera

**Familia:** Limnephilidae

Son grandes; los adultos pueden medir hasta 15 mm de largo. Las larvas se alimentan de detrito y construyen casas o refugios de diferentes materiales, como pedazos de plantas o piedras. Tienen la antena situada entre el ojo y el margen anterior de la cabeza; y un cuerno prosternal (Encalada *et al.*, 2011).

**Hábitat:** Viven en lagos y ríos de aguas frías (Encalada *et al.*, 2011).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

#### 1. Localización

La presente investigación se realizará en la microcuenca del río blanco que se encuentra en la Parroquia El Sucre ubicada al norte del cantón Patate a 2 km del Parque Nacional Llanganates, su poblado se desarrolla a una altura de 2740 m.s.n.m.

#### **Limites**

**Norte:** Parroquia Marcos Espinel.

**Sur:** Patate y la parroquia el Triunfo.

**Este:** Parroquias Río Negro y Río Verde (cantón Baños de Agua Santa).

**Oeste:** Parroquia Baquerizo Moreno (Cantón Píllaro) y parroquia Los Andes.

#### 2. Temperatura

Posee una temperatura promedio de 10 a 16 °C con un clima templado húmedo.

### B. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

#### 1. Precipitación

Según el anuario meteorológico del INAMHI, indica datos mensuales incompletos, por lo que los meses con mayor precipitación fueron abril, mayo, junio y julio, dando una precipitación mensual máxima de 43,04 mm anuales. Continuando con el análisis hasta el año 2003 registran precipitaciones de aproximadamente 41,83 mm anuales, pero a partir del año 2004 hasta el 2012 las precipitaciones han incrementado en 459,5 mm anuales únicamente con mayor intensidad en el mes de octubre.

### C. POBLACIÓN

De acuerdo al censo 2010 la población de la parroquia Sucre es de 2369 habitantes lo cual significa el 17,5% del total de la población del cantón Patate.

## D. ZONAS DE VIDA

### 1. Bosque siempre verde montano alto del norte de la cordillera oriental de los Andes

Bosques siempreverdes bajos a medios, con un dosel de 10 a 15m. de alto. Los árboles se caracterizan por tener troncos gruesos en ocasiones torcidos y con raíces adventicias. En el sotobosque se encuentran especies de helechos herbáceos y arbóreos principalmente de los géneros *Dicksonia* y *Cyathea*, en el estrato medio se observa gran cantidad de arbustos de los géneros *Calceolaria*, *Ribes*, *Rubus*, *Berberis*, *Ilex*, *Brachyotum* y *Miconia*; en ramas y troncos crecen abundantes epifitas vasculares y briofitas. Las áreas de regeneración después de alteraciones naturales o antropogénicas suelen ser colonizadas por especies de gramíneas que crecen enmarañadas hasta los 5–8 m de alto, comúnmente conocidas como suros (*Chusquea spp.*). Normalmente están restringidos a zonas de topografía accidentada y pendientes que van desde muy inclinadas a escarpadas (15° a 87°), según la clasificación geomorfológica de Demek (1972). Están recubiertas de una gran variedad de formaciones geológicas: G. Cofanes, volcánicos del mirador, rocas metamórficas indiferenciadas, rocas intrusivas granito, granodiorita, algunos depósitos glaciares, F. Cuyuja, S. Llanganates y depósitos volcánicos del Sangay. Poseen además suelos inceptisoles y andosoles desaturados–perhidratados poco profundos (20 a 50 cm), de textura franco a francolimoso de drenaje bueno y con presencia de suelos muy humíferos.

## E. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Determinar la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados habitando el área de estudio.

#### 1.1 Reconocimiento del área de estudio

Con la ayuda del programa de ArcGIS se delimitó la microcuenca del Río Blanco y su localización. Y mediante recorridos por la microcuenca se identificaron 3 áreas de muestre y se procedió a tomar puntos con la ayuda de un GPS (marca, país), teniendo en cuenta quebradas, áreas de poco acceso, aguas profundas al igual que se tomaron en cuentan las áreas en donde más ha afectado las actividades antrópicas.

## **1.2 Recolección de muestras**

Se tomaron muestras una vez al mes con tres repeticiones en cada área de muestreo.

Para la recolección de macroinvertebrados se utilizó una red tipo “D-net” se realizó un barrido corriente abajo removiendo el sustrato de manera que los organismos queden atrapados dentro de la red este proceso se lo realizó durante 3 minutos.

El material recolectado se colocó en frascos con alcohol etílico al 75%. En cada frasco colectado se puso una etiqueta donde consta el lugar de recolección, fecha, recolector y número de la muestra.

Para la limpieza de las muestras recolectadas en el campo se colocaron en bandejas blancas para separar los macroinvertebrados de piedras, ramas, hojas, etc. Esto se lo realiza con la ayuda de una pinza metálica se separan los especímenes presentes en la muestra y se colocan en pequeños frascos con alcohol etílico al 75% con su respectiva etiqueta.

Se procedió también a registrar las variables fisicoquímicas in situ con la ayuda de un pH metro el cual realiza mediciones de °T, pH, conductividad eléctrica (CE). Para la recolección de las muestras se lavó previamente el envase, se recogió el agua en la mitad del cuerpo de agua y en dirección opuesta a la corriente, la medición fue directa en el campo con la muestra recolectada en cada punto de monitoreo. Se sumergió los electrodos en la muestra con el fin de que esté en contacto con el agua, esperamos la estabilización de los valores y se registró en las hojas de campo

## **1.3 Laboratorio**

En el laboratorio se identificó taxonómicamente a nivel de familias el número de las morfoespecies recolectadas con ayuda de un estereoscopio, cajas plásticas y cajas Petri de vidrio para colocar a los macroinvertebrados.

Se identificó características de cada uno de los macroinvertebrados recolectados utilizando el Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos, una Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia escrito por Gabriel Roldán Pérez.

## 2. Determinar la calidad del agua del Rio Blanco mediante los índices de calidad de agua ABI y BMWP.

### 2.1 Cálculo del índice ABI y BWMP

El cálculo del Índice ABI y BMWP se lo realizó identificando a los macroinvertebrados acuáticos recolectados hasta el nivel taxonómico de familia y en algunos casos de orden, dependiendo del tipo de familia u orden presente se tiene un puntaje determinado para cada macroinvertebrado y finalmente se suman los puntajes y se obtiene el valor del índice, posteriormente se realizará una comparación entre los índices.

**Tabla 3.** Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino (ABI)

ABI	Calidad de agua
> 96	Muy buena
59 – 96	Buena
35 – 58	Regular
< 35	Malo

Fuente: (Acosta *et al.*, 2009).

**Tabla 4.** Puntuación del Índice Biótico Andino (ABI) para familias de ríos alto andinos del Ecuador.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACION	
Turbellaria	Planariidae	5	
Hirudinea		3	
Oligochaeta		1	
Gasteropoda	Ancylidae	6	
	Physidae	3	
	Hydrobiidae	3	
	Limnaeidae	3	
	Planorbidae	3	
Bivalvia	Sphaeriidae	3	
Amphipoda		6	
Ostracoda		3	
Hydracarina		4	
	Ephemeroptera	Baetidae	4
		Leptophlebiidae	10
		Leptohephidae	7
Odonata		10	
		Oligoneuridae	10
		Aeshnidae	6
	Gomphidae	8	

	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10
	Leptoceridae	8
	Polycentropodidae	8
	Hydroptilidae	6
	Xiphocentronidae	8
	Hydrobiosidae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
	Anomalopsychidae	10
	Philopotamidae	8
	Limnephilidae	7
Lepidoptera	Pyralidae	4
Coleoptera	Ptilodactylidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
	Elmidae	5
	Dryopidae	5
	Gyrinidae	3
	Dytiscidae	3
	Hydrophilidae	3
	Hydraenidae	5
Diptera	Blepharoceridae	10
	Simuliidae	5
	Tabanidae	4
	Tipulidae	5
	Limoniidae	4

Ceratopogonidae	4
Dixidae	4
Psychodidae	3
Dolichopodidae	4
Stratiomyidae	4
Empididae	4
Chironomidae	2
Culicidae	2
Muscidae	2
Ephydriidae	2
Athericidae	10
Syrphidae	1

Fuente: (Encalada, 2011).

**Tabla 5:** Rangos de calidad del agua asignados por el índice BMWP/Col y su color representativo.

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
<b>I</b>	Buena	> 150 101 – 120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	Azul
<b>II</b>	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
<b>III</b>	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
<b>IV</b>	Critica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
<b>V</b>	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

**Fuente:** (Roldan, Gabriel., & Ramírez, John. 2008)

**Tabla 6:** Puntaje asignado a cada familia de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP

Familias	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectilidae, Blepharoceridae, Calomaceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8

Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopsidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

**Fuente:** (Roldán, 2003).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Determinar la composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados habitando el área de estudio.

### A. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Al realizar los recorridos teniendo en cuenta pendientes, aguas profundas, áreas de poco acceso y áreas donde hay actividades antrópicas, se determinó 3 áreas de muestreo los cuales están detallados en la tabla 7.

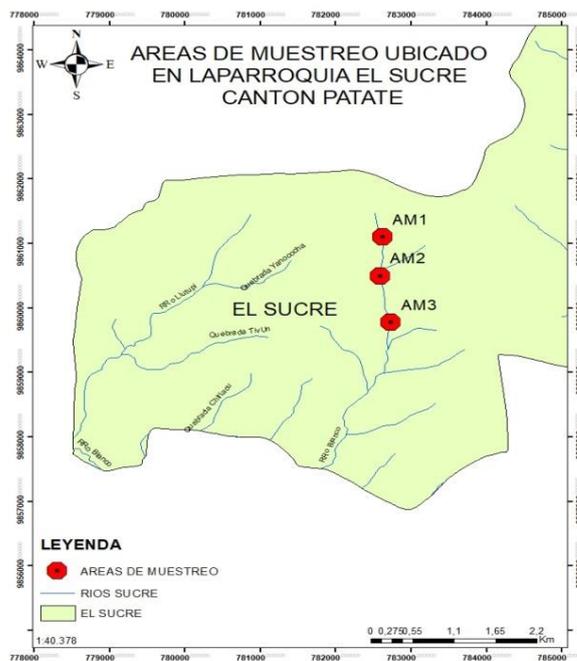
**Tabla 7.** Puntos de las áreas de muestreo de la investigación En la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

ÁREAS DE MUESTRO	LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	Altura (m.s.n.m.)
AM1	782647	9861165	3608
AM2	782614	9860516	3545
AM3	781857	9859089	3460

Elaborado por: (Villegas, 2019).

**Figura 1.** Áreas de Muestreo ubicado en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Elaborado por: (Villegas, 2019).



## B. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS

En este estudio se colectaron en total 1692 macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 1 Phylum, 2 Clases, 6 órdenes y 19 familias en las tres áreas de muestreo siendo colectados 864 individuos en el Área de muestreo 1 (AM1), 255 en el Área de muestreo 2 (AM2) y 573 en el Área de muestreo 3 (AM3). Entre los individuos observados se determinó que el grupo más dominante entre los macroinvertebrados pertenecen a la familia Hyalellidae y las familias menos abundantes en este estudio son: Staphylinidae, Glossosomatidae y Tabanidae como se indican en la Tabla 8 y Figura 2.

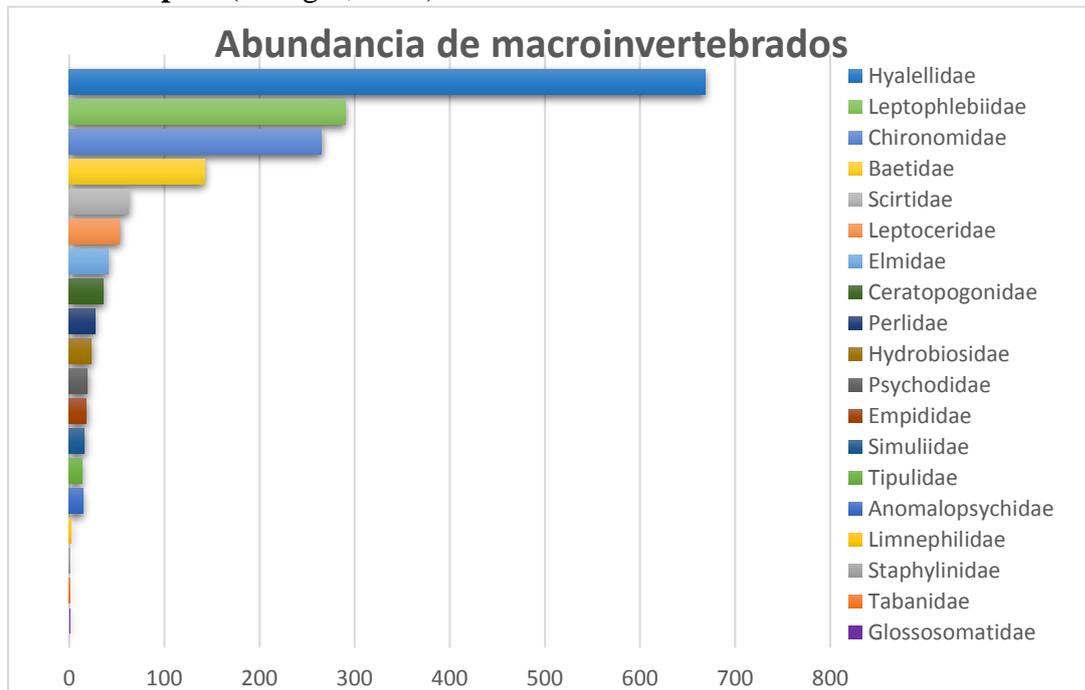
**Tabla 8.** Número de individuos registrados en la zona de estudio en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Número de individuos	Phylum	Clase	Orden	Familia
668	Arthropoda	Melacostraca	Amphipoda	Hyalellidae
41	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae
62	Arthropoda	Insecta		Scirtidae
1	Arthropoda	Insecta		Staphylinidae
36	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae
265	Arthropoda	Insecta		Chironomidae
18	Arthropoda	Insecta		Empididae
19	Arthropoda	Insecta		Psychodidae
16	Arthropoda	Insecta		Simuliidae
1	Arthropoda	Insecta		Tabanidae
13	Arthropoda	Insecta		Tipulidae
142	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae
290	Arthropoda	Insecta		Leptophlebiidae
27	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae
14	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae
1	Arthropoda	Insecta		Glossosomatidae
23	Arthropoda	Insecta		Hydrobiosidae
53	Arthropoda	Insecta		Leptoceridae
2	Arthropoda	Insecta		Limnephilidae
<b>1692</b>	<b>Total</b>			

Elaborado por: (Villegas, 2019).

**Figura 2.** Abundancia de macroinvertebrados ordenados en familia en las zonas de estudio en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).



En este estudio se colectaron en total 1692 macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 1 Phylum, 2 Clases, 6 órdenes y 19 familias en el estudio de la microcuenca del Río Chimborazo Según Toledo, M (2015) se encontraron 375 individuos distribuidas en 4 clases, 6 órdenes y 16 familias se puede decir que son similares ya que se encuentran en los mismos rangos altitudinales y que este estudio solo realizo una sola toma de muestras.

En el estudio de la quebrada de Chaullayacu ubicada en la parroquia rural Tarqui, al suroeste del cantón Cuenca Según Crespo, (2013) se encontró 337 individuos pertenecientes a 7 órdenes y 7 familias se puede decir que son similares ya que se encuentran en los mismos rangos altitudinales (2600-3400).

En el estudio del río Jatunhuayco Según Soria, (2016) se encontraron 4.766 macroinvertebrados pertenecientes a 27 familias se puede decir que son similares ya que se encuentran en los mismos rangos altitudinales y que en su estudio se tomaron 72 muestras en y en este estudio se colectaron 45 muestras por lo que explica por qué hay un mayor número de individuos (3400-4200).

En el estudio de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca Parroquia Palmira según Zurita, (2016) se identificaron 2286 individuos distribuidas en 11 órdenes

y 22 familias en los 5 monitoreos realizados se puede decir que son similares por lo que se encuentran entre los mismos rangos altitudinales (2800-4280).

## A. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO

Los resultados de los análisis Físico Químicos in situ de las tres campañas de muestreo detallados en la Tabla 9 no existe mucha variación.

**Tabla 9.** Valores de los análisis físico - químicos obtenidos en el monitoreo en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Área de Muestreo	pH	CE ( $\mu\text{S}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )
AM1	6,14	48	8,9
AM2	6,43	62,8	10
AM3	6,12	64,5	10,8

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

La conductividad del agua medida en los tres puntos es variable. El valor más alto de conductividad se obtuvo en el área de muestreo 3, en el área de muestreo 1 se obtuvo un valor menor, donde la conductividad de tres zonas en estudio está bajo los estándares recomendados, que está entre los 150-500 ( $\mu\text{s/cm}$ ) Según el TULMAS de Ecuador.

En la temperatura del agua se diferencia con  $1^{\circ}$  en los dos pisos altitudinales. Según la OMS (Organización Mundial para la Salud) los límites permisibles para aguas de consumo humano son entre 4 a  $15^{\circ}\text{C}$ , los valores para temperatura no están normalizados por criterios de salud pública. Según (Spellman, 2004), menciona que estos valores debido a que tienen efectos en la salud por lo que los valores obtenidos de las tres zonas de estudio se encuentran dentro de dicho rango por lo cual se les considera aptas para consumo humano.

El valor de pH es ácido en los tres puntos no existe variación alguna. Según los (HGPT, 2015) los valores registrados están relacionados directamente a las condiciones hidrogeológicas del lugar por lo que se puede considerar que el rango del pH es permisible para el consumo humano.

- **Determinar la calidad del agua del Rio Blanco mediante los índices de calidad de agua ABI y BMWP**

## B. ÍNDICE BMWP

En el Área de muestreo 1 se identificaron 864 individuos distribuidos en 1 Phylum, 2 Clases, 6 órdenes y 17 familias siendo la familia Hyalellidae la más abundante con 460 individuos y la menos abundante la familia Staphylinidae y Glossosomatidae con 1 solo individuo cada una (Tabla 10, Figura 3), también se pudo evidenciar que tiene una puntuación de 113 según el índice BMWP (Tabla 10).

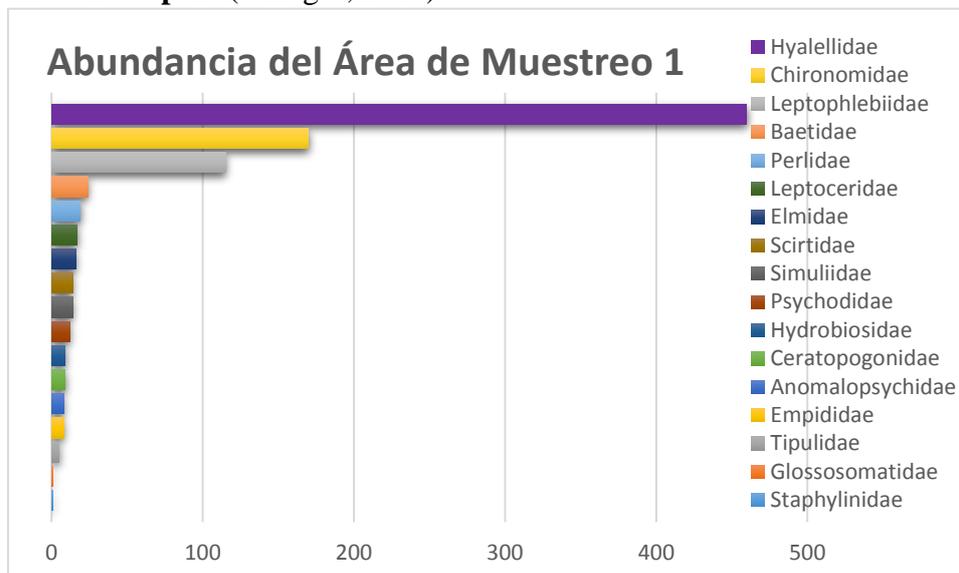
**Tabla 10.** Valoración del Área de Muestreo 1 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Número de individuos	Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntuación Índice BMWP
460	Arthropoda	Melacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	7
15	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	6
13	Arthropoda	Insecta		Scirtidae	7
1	Arthropoda	Insecta		Staphylinidae	6
9	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	3
133	Arthropoda	Insecta		Chironomidae	2
8	Arthropoda	Insecta		Empididae	4
12	Arthropoda	Insecta		Psychodidae	7
14	Arthropoda	Insecta		Simuliidae	8
5	Arthropoda	Insecta		Tipulidae	3
24	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7
115	Arthropoda	Insecta		Leptophlebiidae	9
19	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
7	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	10
1	Arthropoda	Insecta		Glossosomatidae	7
11	Arthropoda	Insecta		Hydrobiosidae	9
17	Arthropoda	Insecta		Leptoceridae	8
<b>864</b>					<b>113</b>

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

**Figura 3.** Abundancia de macroinvertebrados del Área de Muestreo 1 ordenados por familia en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Elaborado por: (Villegas, 2019).



En el Área de muestreo 2 se identificaron 255 individuos distribuidos en 1 Phylum, 2 Clases, 6 órdenes y 14 familias siendo la familia Leptophlebiidae la más dominante con 67 individuos y el menos abundante la familia Perlidae con 1 solo individuo (Tabla 11, Figura 4), también se pudo evidenciar que tiene una puntuación de 90 según el índice BMWP (Tabla 11).

**Tabla 11.** Valoración del Área de Muestreo 2 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

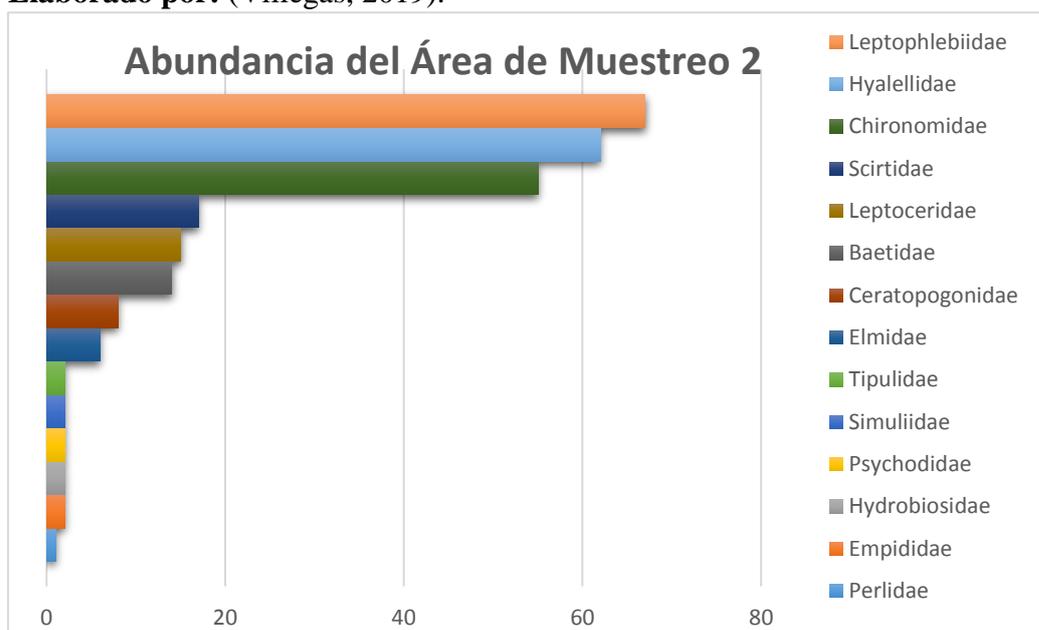
Número de individuos	Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntuación Índice BMWP
62	Arthropoda	Melacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	7
6	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	6
17	Arthropoda	Insecta		Scirtidae	7
8	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	3
55	Arthropoda	Insecta		Chironomidae	2
2	Arthropoda	Insecta		Empididae	4
2	Arthropoda	Insecta		Psychodidae	7
2	Arthropoda	Insecta		Simuliidae	8
2	Arthropoda	Insecta		Tipulidae	3
14	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7
67	Arthropoda	Insecta		Leptophlebiidae	9
1	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10

2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	9
15	Arthropoda	Insecta		Leptoceridae	8
<b>255</b>					<b>90</b>

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

**Figura 4.** Abundancia de macroinvertebrados del Área de Muestreo 2 ordenados por familia en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).



En el Área de muestreo 3 se identificaron 573 individuos distribuidos en 1 Phylum, 2 Clases, 6 órdenes y 16 familias siendo la familia Hyalellidae la más dominante con 146 individuos y el menos abundante la familia Tabanidae con 1 solo individuo (Tabla 12, Figura 5), también se pudo evidenciar que tiene una puntuación de 97 según el índice BMWP (Tabla 12).

**Tabla 12.** Valoración del Área de Muestreo 3 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

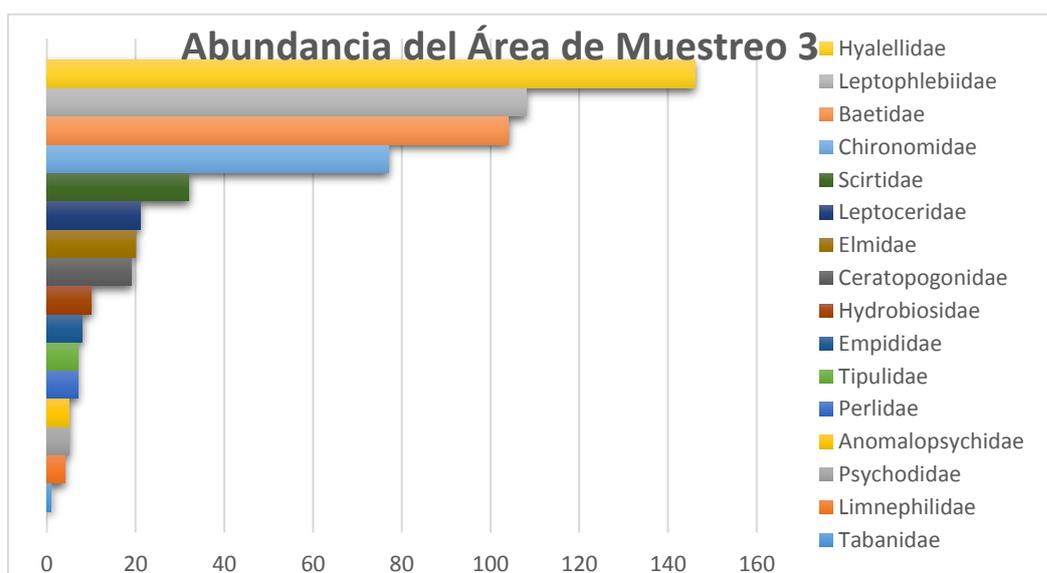
Número de individuos	Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntuación Índice BMWP
146	Arthropoda	Melacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	7
20	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	6
32	Arthropoda	Insecta		Scirtidae	7
19	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	3
77	Arthropoda	Insecta		Chironomidae	2

8	Arthropoda	Insecta		Empididae	4
5	Arthropoda	Insecta		Psychodidae	7
1	Arthropoda	Insecta		Tabanidae	5
6	Arthropoda	Insecta		Tipulidae	3
104	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	7
108	Arthropoda	Insecta		Leptophlebiidae	9
7	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
7	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	10
10	Arthropoda	Insecta		Hydrobiosidae	9
21	Arthropoda	Insecta		Leptoceridae	8
2	Arthropoda	Insecta		Limnephilidae	
<b>573</b>					<b>97</b>

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

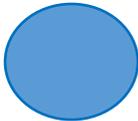
**Figura 5.** Abundancia de macroinvertebrados del Área de Muestreo 3 ordenados por familia en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).



Los resultados de la aplicación del índice BMWP reflejan valores, que indican que la calidad de agua se encuentra en un rango de aceptable a buena como se indican en las Tabla 13.

**Tabla 13.** Valoración de la calidad de agua según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Muestreo	Área de Muestreo	Valor	Calidad	Significado	Color
05/12/2018 16/01/2019 17/02/2019	1	113	Buena	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	

09/12/2018				Aguas ligeramente contaminadas	
16/01/2019	2	90	Aceptable		
17/02/2019					
09/12/2018				Aguas ligeramente contaminadas	
16/01/2019	3	97	Aceptable		
17/02/2019					

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

De acuerdo con los resultados obtenidos a realizar el cálculo del índice BMWP, se podría decir que el Área de muestreo 2 y 3 son zonas de aguas ligeramente alteradas esto podría ser debido a que estas dos zonas de estudio se encuentran en sitios en los que existen actividades antrópicas como el paso de ganado, abrevadero para el ganado, presencia de desechos urbanos y a existido una disminución de las fuentes de agua provenientes del Páramo según el PDOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial) El Sucre.

### C. ÍNDICE ABI

En el Área de muestreo 1 obtuvimos un valor de 99 siendo este el valor el más alto en comparación con las otras dos áreas de muestreo en el índice de calidad ABI (Tabla 14).

**Tabla 14.** Valoración del Área de Muestreo 1 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate.

Número de individuos	Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntuación Índice ABI
460	Arthropoda	Melacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	6
15	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	5
13	Arthropoda	Insecta		Scirtidae	5
1	Arthropoda	Insecta		Staphylinidae	3
9	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	4
133	Arthropoda	Insecta		Chironomidae	2
8	Arthropoda	Insecta		Empididae	4
12	Arthropoda	Insecta		Psychodidae	3
14	Arthropoda	Insecta		Simuliidae	5
5	Arthropoda	Insecta		Tipulidae	5
24	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
115	Arthropoda	Insecta		Leptophlebiidae	10
19	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
7	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	10
1	Arthropoda	Insecta		Glossosomatidae	7

11	Arthropoda	Insecta		Hydrobiosidae	8
17	Arthropoda	Insecta		Leptoceridae	8
<b>864</b>					<b>99</b>

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

En el Área de muestreo 2 obtuvimos un valor de 79 siendo este el resultado más bajo en comparación con las otras dos áreas de muestreo en el índice de calidad ABI (Tabla 15).

**Tabla 15.** Valoración del Área de Muestreo 2 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Número de individuos	Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntuación Índice ABI
62	Arthropoda	Melacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	6
6	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	5
17	Arthropoda	Insecta		Scirtidae	5
8	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	4
55	Arthropoda	Insecta		Chironomidae	2
2	Arthropoda	Insecta		Empididae	4
2	Arthropoda	Insecta		Psychodidae	3
2	Arthropoda	Insecta		Simuliidae	5
2	Arthropoda	Insecta		Tipulidae	5
14	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
67	Arthropoda	Insecta		Leptophlebiidae	10
1	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
2	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
15	Arthropoda	Insecta		Leptoceridae	8
<b>255</b>					<b>79</b>

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

En el Área de muestreo 2 obtuvimos un valor de 95 en el índice de calidad ABI (Tabla 16).

**Tabla 16.** Valoración del Área de Muestreo 3 según el índice BMWP en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

Número de individuos	Phylum	Clase	Orden	Familia	Puntuación Índice ABI
146	Arthropoda	Melacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	6
20	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	5
32	Arthropoda	Insecta		Scirtidae	5
19	Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	4
77	Arthropoda	Insecta		Chironomidae	2

8	Arthropoda	Insecta		Empididae	4
5	Arthropoda	Insecta		Psychodidae	3
1	Arthropoda	Insecta		Tabanidae	4
6	Arthropoda	Insecta		Tipulidae	5
104	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
108	Arthropoda	Insecta		Leptophlebiidae	10
7	Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae	10
7	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	10
10	Arthropoda	Insecta		Hydrobiosidae	8
21	Arthropoda	Insecta		Leptoceridae	8
2	Arthropoda	Insecta		Limnephilidae	7
<b>573</b>					<b>95</b>

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

Los resultados de la aplicación del índice ABI reflejan valores, que indican que la calidad de agua se encuentra en un rango de buena a muy buena como se indican en las Tabla 17.

**Tabla 17.** Valoración de la calidad de agua según el índice ABI en la Parroquia El Sucre del Cantón Patate

<b>Muestreo</b>	<b>Área de Muestreo</b>	<b>Valor</b>	<b>Calidad</b>
<b>05/12/2018</b>			
<b>16/01/2019</b>	1	99	Muy Buena
<b>17/02/2019</b>			
<b>09/12/2018</b>			
<b>16/01/2019</b>	2	79	Buena
<b>17/02/2019</b>			
<b>09/12/2018</b>			
<b>16/01/2019</b>	3	95	Buena
<b>17/02/2019</b>			

**Elaborado por:** (Villegas, 2019).

De acuerdo con el resultado del índice ABI de la calidad de agua está igualmente relacionado como consecuencia de las actividades antrópicas que se dan en estas dos áreas de muestreo por lo que se asume que en comparación de ambos índices de calidad esta zona de estudio ha sido deteriorada por factores antropogénicos.

En las tres áreas de muestreo se pudo evidenciar que la familia predominante fue Hyalellidae con 668 individuos, en el estudio de la microcuenca del Río Chimborazo se puede ver que en los meses de diciembre, enero y febrero la familia Hyalellidae es

dominante con 150 individuos según Toledo, (2015). Los resultados son similares esto puede ser debido a que se encuentran en rangos altitudinales similares (3000-3900).

En las tres áreas de muestreo se pudo evidenciar que la familia Chironomidae con un 17.44% ocupa el segundo lugar en cambio en el estudio del río Jatunhuayco Según Soria, I (2016) la familia Chironomidae con el 54,8% es la familia más dominante esta diferencia puede ser debido a que la familia Chironomidae son considerados como macroinvertebrados que aceptan contaminantes y que indican una mala calidad de agua (Carrera & Fierro, 2001).

En la microcuenca del Rio Blanco se tuvo como familia Hyalellidae con 668 individuos, y en el estudio de la quebrada de Chaullayacu ubicada en la parroquia rural Tarqui, al suroeste del cantón Cuenca Según Crespo, (2013) se encontró a la familia Chironomidae con 213 individuos, seguido de Hyalelidae con 150 se puede decir que son parcialmente similares ya que se encuentran en los mismos rangos altitudinales (2600-3400).

En el estudio calidad del agua de formación de los humedales del frente sur occidental de Tungurahua el Río Pachanlica se encuentra a los 3687 Según Calderón, (2010) y en ella predomina la especie Chironomidae los datos no son similares con este estudio puede ser que haya alguna variación en la época que se tomaron los datos.

En el estudio de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca Parroquia Palmira según Zurita, (2016) se identificó a la familia Baetidae con mayor dominancia con 75 individuos, los datos aquí obtenidos no son similares con este estudio esto puede ser a que en microcuenca del río Atapo-Pomachaca se encontraron en aguas aceptables esto puede ser ya que esta familia presenta preferencia a aguas limpias y bien oxigenadas, alta sensibilidad a los procesos de degradación e impactos antropogénicos es así que se usa como indicador biológico de la calidad del agua.

## **VII. CONCLUSIONES**

Con los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternante la cual nos dice que las actividades antrópicas afectan la comunidad de macroinvertebrados en la microcuenca del Río Blanco y se rechaza la hipótesis nula.

En este estudio se colectaron en total 1692 macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 1 Phylum, 2 clases, 6 órdenes y 19 familias en las tres áreas de muestreo permitiendo conocer la riqueza en este tramo con gran sensibilidad ecológica.

En general en las tres áreas de muestreo del Río Blanco presenta una calidad aceptable del agua en función a los resultados de los análisis fisicoquímicos.

El análisis de los resultados obtenidos demuestra que el índice ABI y el índice BMWP/Col para las áreas de muestreo 2 y 3 se encuentran en un rango aceptable esto quiere decir que son aguas ligeramente contaminadas en cambio el área 1 se encuentra en un rango bueno esto quiere decir que son aguas limpias poco contaminadas o muy poco alteradas.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Realizar el monitoreo del Rio Blanco más extendido, para obtener mayor información sobre los componentes taxonómicos de los macroinvertebrados que se puedan encontrar tanto en la estación seca y la estación lluviosa. Estos datos facilitarían un análisis más exacto de la dinámica del comportamiento del curso hídrico en esta zona y las posibles relaciones con las actividades humanas relacionadas a la microcuenca.

Es necesario el desarrollo de un índice de calidad para Ecuador donde se cubra todo el rango altitudinal y ecosistémico del país, así como las familias de macroinvertebrados comunes en los cuerpos de agua, y así poder tener datos más confiables al momento de realizar estudios de calidad de agua en el país.

Realizar un Plan de Manejo para la conservación del Bosque Protector en el cual se encuentra ubicado el Rio Blanco antes de que su deterioro aumente debido a que en las áreas de muestreo en donde hay intervención por actividades antrópicas se encuentran en un rango entre aceptable y bueno según el índice BMWP y ABI.

## IX. RESUMEN

La presente investigación propuso: estudiar la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados en un tramo de la microcuenca del Rio Blanco en el Ecosistema Páramo ubicado en la Parroquia El Sucre, del cantón Patate de la provincia de Tungurahua, empleando el Índice Biótico Andino (ABI) y el grupo de trabajo de vigilancia biológica (The biological monitoring working party - BMWP). Se identificaron 3 áreas de muestreo teniendo en cuenta áreas afectadas por las actividades antrópicas, con ayuda de la red de mano "D net" se recolectó los macroinvertebrados realizando tres repeticiones en cada área de muestreo y también se tomaron parámetros físico-químicos in situ. Con la ayuda de un estereoscopio se identificaron los macroinvertebrados hasta el nivel de familia. En total se registraron 1692 individuos distribuidos en 1 Phylum 2 Clases 6 Ordenes y 19 Familias. Los parámetros físico-químicos indican que el agua es apta para el consumo humano. Los índices de calidad ABI y BMWP indican que el área de muestreo 2 y 3 se encuentran en un rango aceptable esto quiere decir que son aguas ligeramente contaminadas esto se debería a la existencia actividades antrópicas, como son la agricultura y la ganadería en estas dos áreas, mientras que el área 1 se encuentra en un rango bueno, esto quiere decir que son aguas limpias poco contaminadas o muy poco alteradas.

Palabras clave: MACROINVERTEBRADOS - CALIDAD DEL AGUA - ÍNDICE BIÓTICO ANDINO.

Por: **Andrea Villegas**



## **X. SUMMARY**

### **ABSTRACT**

The present research proposed: to study water quality by identifying macroinvertebrates in a section of the Rio Blanco microbasin in the Páramo Ecosystem located in the Sucre parish, Patate canton of Tungurahua province, using the Andean Biotic Index (ABI) and the biological monitoring working group (The biological monitoring working party - BMWP). Three sampling areas were identified, taking into account areas affected by anthropogenic activities, with the help of the "D net" hand network, macroinvertebrates were collected by performing three repetitions in each sampling area and physical-chemical parameters were also taken in situ. With the help of a stereoscope, macroinvertebrates were identified up to the family level. In total, 1692 individuals were registered distributed in 1 Phylum 2 Classes 6 Orders and 19 Families. The physical-chemical parameters indicate that water is suitable for human consumption. The ABI and BMWP quality indices indicate that sampling area 2 and 3 are in an acceptable range, this means that they are slightly polluted waters, this would be due to the existence of anthropogenic activities, such as agriculture and livestock in these two areas. , while area 1 is in a good range, this means that these waters have the required parameters suitable for human consumption.

Key words: MACROINVERTEBRATES, WATER QUALITY, ANDEAN BIOTIC INDEX.

By: Andrea Villegas



## **XI. BILIOGRAFÍA**

1. Alexander, C., & Byers, G. (1981). Tipulidae. (eds.): Manual of Nearctic Diptera. Vol. 1. Biosystematics Research Institute. Ottawa, Ontario.
2. Angrisano, E. (1998). Trichoptera 2. En: Morrone, J. J. & S. Coscarón, S. (eds) Biodiversidad de artrópodos argentinos. Una perspectiva biotaxonomica. La Plata
3. Arias, D. (2004). Diversidad y distribución de los coleópteros acuáticos de la cuenca del Río Coello. (Tesis de posgrado. M. Sc Biólogo). Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.
4. Arroyo, C., & Encalada, A. (2009). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías. Quito - Ecuador.
5. Baumann, R. (1987). Order Plecoptera. In: F. W. Stehr (ed.), Immature Insects, Kendall/Hunt Publishing Company, and Dubuque, Iowa.
6. Calderón, M. (2010). Estudio de calidad del agua de formación de los humedales del frente sur occidental de Tungurahua. Ambato - Ecuador.
7. Calles, J., Flowers, W., Cruz, E., Escudero, L., & Monar, C. (2010). Calidad del agua de los ríos Illangama y Alumbre establecida a través de bioindicadores acuáticos e indicadores físico - químicos. En: Barrera, V., Alwang, J., y Cruz, E. 2010 (Eds.). Experiencias en el manejo integrado de recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador. INIAP - SANREM CRSP - SENACYT. Quito - Ecuador: Abya-Yala
8. Internacional - Avine. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. CARE. (enero del 2012). Módulo 8: Gestión Integrada del Recurso Hídrico: Disponibilidad y usos del recurso agua. Cuenca - Ecuador.

9. Castellón, G. (2013). Evaluación rápida de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados acuáticos durante la temporada lluviosa en la microcuenca “El Chimbo”. (Tesis de posgrado. Diplomado en Cambio Climático y Recursos Hídricos). Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra. Honduras.
10. Chacón, M., & Segnini, S. (1996). Reconocimiento taxonómico de las náyades del orden Ephemeroptera en la deriva de dos ríos de alta montaña en el Estado Mérida, Venezuela. *Bol. Ent. Venez.*
11. Coscarón, C. (1989). Estudios citotaxonómicos y bioecológicos de Simuliidae (Diptera, COSCARON - ARIAS, C. L. y S. J. BRAMARDI, Simuliidae 105 Insecta) de Argentina. (Tesis de posgrado. Doctoral). Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
12. Crespo, C. (2013). Informe técnico de muestreo para macroinvertebrados en la quebrada de Chaullayacu. Cuenca - Ecuador.
13. Dangles, O., Crespo, V., Andino, P., Espinosa, R., Calvez, R., & Jacobsen, D. (2011). Predicting richness effects on ecosystem function in natural communities: insights from high- elevation streams. *Ecology*. Quito - Ecuador.
14. Duckhouse, D. (1985). Psychodidae (Diptera, Nematocera) of the subantarctic islands, with observations on the incidence of parthenogenesis. *International Journal of Entomology*. USA.
15. Encalada, A., Rieradevall, M., Ríos, B., García, N., & Prat, N. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos. (CERA-S). USFQ, UB, AECID, FONAG. Quito - Ecuador.
16. Guevara, G. (2004). Análisis faunístico del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del Río Coello departamento del Tolima. (Trabajo de grado M.Sc Biologo). Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Biología. Ibagué.

17. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. HGPT. (2015). Páramos. Agua potable y de riego. Agenda ambiental. Ambato - Ecuador.
18. Hofstede, R. (30 de agosto de 1997). Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina. Quito - Ecuador.
19. Josse, C., Mena, P., & Medina, G. (1999). El páramo como fuente de recursos hídricos. Quito: GTP / Abya-Yala.
20. León Yáñez, S. (1993). Estudio ecológico y fitogeográfico de la vegetación del páramo de Guamaní, Pichincha - Napo, Ecuador. (Tesis de licenciatura en Ciencias Biológicas). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
21. Lockwood, J., & McKinney, M. (2001). Biotic Homogenization. Springer Science+Business media. New York-United States.
22. McCafferty, W. (1981). Aquatic entomology the fishermens and ecologists illustrated guide to insect and their relatives. Boston: Science Books International.
23. McCafferty, W. (1996). The Ephemeroptera species of North America and index to their complete nomenclature. Transactions of the American Entomological Society. USA.
24. Medina, G., & Mena, P. (2001). Los páramos del Ecuador. En: Mena, P., G. Medina & R. G. M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Quito: Proyecto Páramo y Abya - Yala.
25. Mena, P., Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. Botánica económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz.
26. Mena, P., & Balslev, H. (1986). Comparación entre la vegetación de los páramos y el cinturón afroalpino. Reports from the Botanical Institute, University of Aarhus. Michigan.

27. Mena, P., Medina, G., & Hofstede, R. (2001). Los Páramos del Ecuador. Quito: Abya Yala y Proyecto Páramo.
28. Merritt, R., & Cummins, K. (1984). An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque: Kendall - Hunt Publishing Company, Dubuque Iowa.
29. Merritt, R., & Cummins, K. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. (3<sup>a</sup>. ed.). Kendall/Hunt Publishing, Dubuque, Georgia.
30. Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M & T - Manuales. Zaragoza-España: Orcyt-Unesco, Sea cyted.
31. Paggi, A. (2001). Díptera: Chironomidae. En: Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Fernández H. R. & E. Domínguez (Eds.). Serie: Investigaciones de la UNT. Tucumán - Argentina: Universitaria de Tucumán.
32. Peralta, M. (2001). Crustacea Eumalacostraca. En: H. R Fernández y E. Domínguez (eds). Guía para la determinación de Artrópodos Bentónicos sudamericanos. Tucumán – Argentina: Universitaria de Tucumán.
33. Prado, V. (2015). Estado de la calidad del agua del Río Teaone (Cuenca Baja) entre la Termoeléctrica y la desembocadura del Río Esmeraldas, sector de la desembocadura del Río Esmeraldas, Sector de la desembocadura del Río Esmeraldas, sector de la Propicia 1. Esmeraldas: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
34. Quevedo, L., Ibáñez, C., Caiola, N., & Mateu, D. (2018). Efectos de la contaminación térmica en comunidades de macroinvertebrados bénticos de un gran río Mediterráneo. España.
35. Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo Colombia - Conciencias - Universidad de Antioquia. Santafé de Bogotá: Presencia.

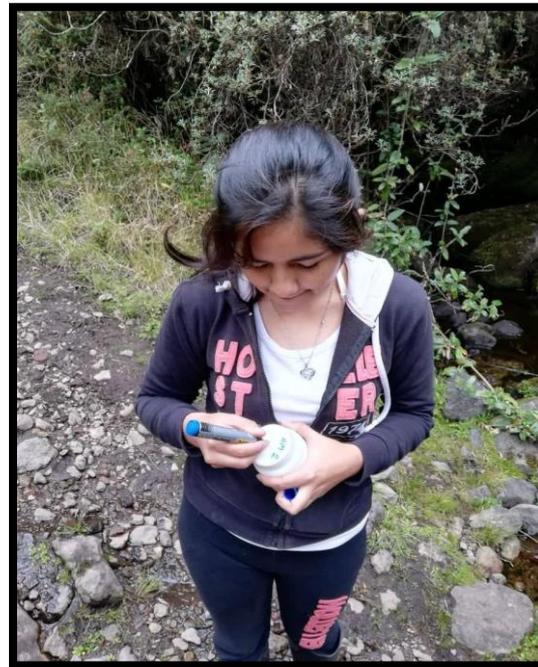
36. Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía. Primera reimpresión. Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá – Colombia: Presencia.
37. Roldán, G. (2003). La bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
38. Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. (2ª. ed.). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Medellín - Colombia.
39. Romero, R. (2005). Calidad del Agua. (2ª. ed.). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.
40. Sánchez, M. (2004). Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua del río Pamplonita zona media. VI seminario Colombiano de Limnología. Colombia.
41. Smith, G. (1989). An Introduction to the Immature Stages of British Flies. Handbooks for the Identification of British Insects. Royal Entomological Society. London.
42. Smith, R., & Smith, T. (2005). Ecología: comunidades. Eds. Capella, F. (4ª. ed.). Madrid - España: Pearson Educación.
43. Soria, I. (2016). Evaluación de la calidad ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito – Ecuador.
44. Toledo, M (2015). Determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca del río Chimborazo. (Tesis de grado. Ingeniería en Ciencias Químicas). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador.

45. Wirth, W. (1974). Family Ceratopogonidae. In: N. Papavero (ed). A catalog of the Diptera of the Americas south of the United States, Mus. Zool. Sao Paulo.
46. Yungán Z. (2010). Estudio de la Calidad del agua en los afluentes de la Microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo. (Tesis de grado. Ingeniería Agronómica). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba - Ecuador.
47. Zúñiga, M. (2004). Biodiversidad, distribución y ecología del orden Plecoptera (Insecta) en Colombia.: Potencial en bioindicación de calidad de agua. En: Memorias VI Seminario Colombiano de Limnología y I Reunión Internacional sobre Embalses Neotropicales. Montería.
48. Zúñiga, M., Molineri, C., & Domínguez, E. (2004). El orden Ephemeroptera (Insect) en Colombia. In: Fernández, C. F., M. Gonzalo Andrade & G. D. Amat. (eds.). Insectos de Colombia. Colombia.
49. Zurita, E. (2016). Aplicación combinada del método BMWP – ABI – ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo - pomachaca Parroquia Palmira. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba - Ecuador.

## XII. ANEXOS

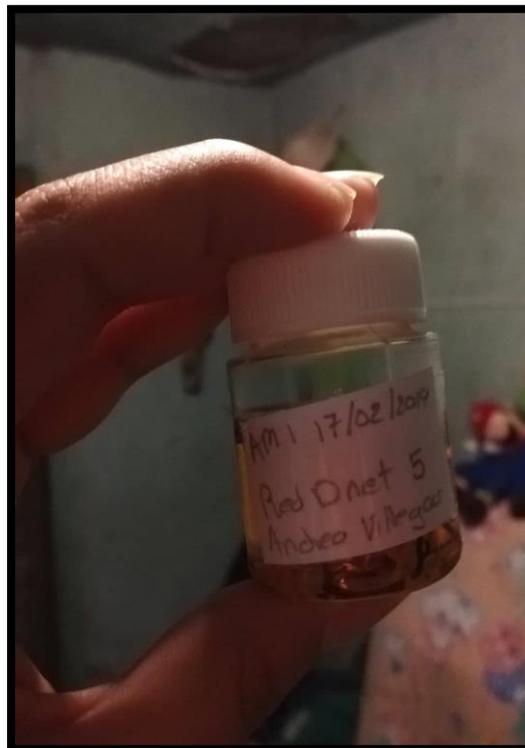
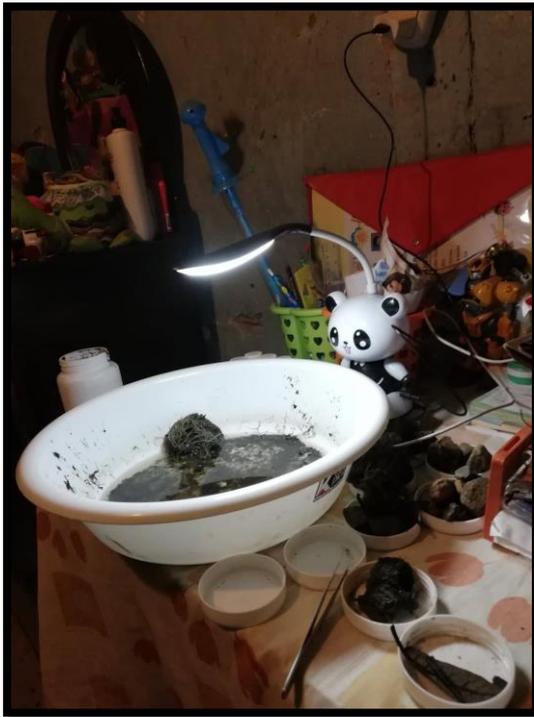
### Anexo 1. Reconocimiento del área en estudio



**Anexo 2.** Toma de muestras en las distintas áreas de estudio

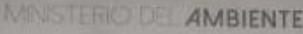
**Anexo 3.** Toma de datos físico-químico in situ

#### Anexo 4. Limpieza de las muestras



**Anexo 5.** Identificación de macroinvertebrados

## Anexo 6. Permiso de investigación del Ministerio del Ambiente de Tungurahua.





**Oficio Nro. MAE-CGZ3-DPAT-2018-1524-O**

**Ambato, 03 de diciembre de 2018**

**Asunto:** Emisión de permiso de investigación Científica N° 08-2018-IC-FAU-DPAT-VS.

Magister en Ciencias Agropecuarias  
 Carlos Francisco Carpio Coba  
**Docente**  
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO**

Señorita  
 Andrea Estefanía Villegas Cujano  
 En su Despacho

De mi consideración:

En atención al oficio S/N, ingresado en esta Dependencia Ministerial mediante N° MAE-CGZ3-DPAT-2018-1474-E, de fecha 13 de noviembre de 2018, el Ing. Carlos Carpio C. con C.I 1710552835, en calidad de Director de Proyecto de Investigación y docente de la Escuela Politécnica de Chimborazo, solicita se emita el permiso de investigación para el proyecto denominado: Estudio de la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados en un tramo de la micro cuenca del Río Blanco en el ecosistema páramo ubicado en la parroquia El Sucre, cantón Patate, provincia de Tungurahua, que será ejecutado por la estudiante Andrea Estefanía Villegas Cujano con C.I 1804438107.

Al respecto comunico a Usted que, luego de la revisión y análisis del documento presentado y con base en el informe técnico No. MAE-UPNT-DPAT-V.S-2018-40-EL, remitido mediante Memorando Nro. MAE-UPNT-DPAT-2018-0794-M de fecha 27 de noviembre de 2018, se determina que el perfil de proyecto presentado por la Srta. Andrea Estefanía Villegas Cujano con C.I 1804438107, cumple con los requisitos necesarios de acuerdo Normativa Ambiental Vigente.

En tal virtud se autoriza la emisión del permiso de investigación científica N° 08-2018-IC-FAU-DPAT-VS denominado: Estudio de la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados en un tramo de la micro cuenca del Río Blanco en el ecosistema páramo ubicado en la parroquia El Sucre, cantón Patate, provincia de Tungurahua; dando cumplimiento a lo estipulado en el artículo 8 y 9 del Libro IV de Biodiversidad del TULSMA.

Para los fines pertinentes, sírvase encontrar adjunto en físico y digital el permiso de investigación N° 08-2018-IC-FAU-DPAT-VS.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Aientamente,

Dirección Provincial de Tungurahua • Código Postal: 160103 / Ambato - Ecuador • Teléfono: (593 3)2 420 088 / 2 420 466  
 Dirección: Av. Antonio José de Sucre y Guayaquil 7mo Piso

Documento emitido electrónicamente por OjoPuro

Oficio Nro. MAE-CGZ3-DPAT-2018-1524-O  
Ambato, 03 de diciembre de 2018

*Documento firmado electrónicamente*

Ing. Pablo Victoriano Pazmiño Freire  
**COORDINADOR GENERAL ZONAL - ZONA 3 (TUNGURAHUA, PASTAZA,  
COTOPAXI Y CHIMBORAZO) - DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE  
TUNGURAHUA**

Referencias:  
- MAE-CGZ3-DPAT-2018-1474-E

Anejos:  
- mae-cgz3-dpat-2018-1474-e.pdf  
- permiso\_de\_la\_n°\_08-2018-ic-fau-dpat-vs.pdf

Copia:  
Señorita Ingeniera  
Sara Margoth Paredes Cruz  
**Responsable Unidad de Patrimonio Natural**

Señor  
Edwin Miguel Lozada López  
**Guardaparque**

Señora  
Carmen Elizabeth Navarrete Navarrete  
**Secretaría - Coordinación General - Zona 3 (Tungurahua, Pastaza, Cotopaxi y Chimborazo) - Dirección  
Provincial del Ambiente de Tungurahua**

el/sp



PABLO  
VICTORIANO  
PABMIÑO FREIRE

Dirección Provincial de Tungurahua • Código Postal: 180103 / Ambato - Ecuador • Teléfono: (593 3) 2 420 088 / 2 420 466  
Dirección: Av. Antonio José de Sucre y Guayaquil 7mo Piso