



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE  
BIOINDICADORES EN EL RÍO PUMACUNCHI PROVINCIA DE COTOPAXI,  
PERÍODO 2019-2020.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero/a en Medio Ambiente

**Autores:**

Changoluisa Choloquina Bryan Alexander  
Quishpe Chanatasig Angela Samantha

**Tutor:**

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

**Latacunga – Ecuador**

**Febrero 2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Changoluisa Choloquina Bryan Alexander** con C.C. 050411081-8 y **Quishpe Chanatasig Angela Samantha**, con C.C. 050418137-1 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores en el río Pumacunchi Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”**, siendo el M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
Changoluisa Choloquina Bryan Alexander

C.I: 050411081-8

.....  
Quishpe Chanatasig Angela Samantha

C.I: 050418137-1

.....  
M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

C.I: 050144458-2

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **Changoluisa Choloquina Bryan Alexander**, identificado con C.C. 050411081-8, de estado civil **soltero** y con domicilio en el barrio Zumbalica Norte perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga y **Quishpe Chanatasig Angela Samantha**, identificada con C.C. 050418137-1, de estado civil **soltera** y con domicilio en el barrio Laigua Santo Domingo perteneciente a la parroquia San Buenaventura, cantón Latacunga, a quienes en lo sucesivo se denominará **LOS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LOS CEDENTES** son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de titulación de Proyecto de Investigación la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **HISTORIAL ACADÉMICO. -**

<b>Fecha de inicio de la carrera:</b>	abril 2015 – agosto 2015
<b>Fecha de finalización:</b>	octubre 2019 - marzo 2020
<b>Aprobación CD:</b>	15 de noviembre del 2019
<b>Tutor:</b>	M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

**Tema:** “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores en el río Pumacunchi Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA. -** Por el presente contrato, **LOS CEDENTES** autorizan a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LOS CEDENTES**, transfieren definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LOS CEDENTES** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LOS CEDENTES** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LOS CEDENTES** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la

Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad.

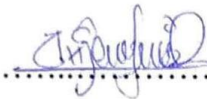
El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2020.



.....  
Changoluisa Choloquina Bryan Alexander

**EL CEDENTE**



.....  
Quishpe Chanatasig Angela Samantha

**EL CEDENTE**

.....  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

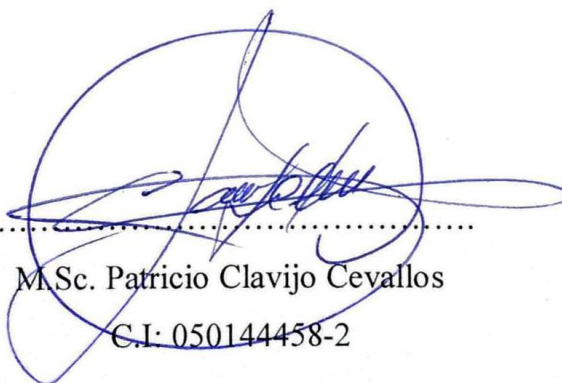
**EL CESIONARIO**

Latacunga 07 de Febrero del 2020

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores en el río Pumacunchi Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020.”** de Changoluisa Choloquina Bryan Alexander; Quishpe Chanatasig Angela Samantha, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.



M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos  
C.I. 050144458-2

Latacunga 07 de Febrero del 2020

**AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Lectores del Proyecto de Investigación con el título:

**“Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores en el río Pumacunchi Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020.”**, de Changoluisa Choloquina Bryan Alexander; Quishpe Chanatasig Angela Samantha, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.



---

**Lector 1 (Presidente/a)**  
Nombre: Dr. Polivio Moreno N.  
CC: 050104764-1



---

**Lector 2**  
Nombre: Ing. Mg. Cristian Lozano H.  
CC: 060360931-4



---

**Lector 3**  
Nombre: Dr. David Landívar V.  
CC: 16005587-8

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarnos salud y fuerza infinita, a nuestros padres y familias por el apoyo incondicional recibido.

A nuestros estimados docentes quienes nos impartieron todo el conocimiento adquirido durante nuestra formación académica. Nuestro agradecimiento profundo a la Universidad Técnica de Cotopaxi a la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos naturales, Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente por abrirnos las puertas para formarnos como grandes profesionales.

Agradecimiento sincero al M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos director del proyecto de investigación quién nos orientó y guió durante su desarrollo.

Agradecidos también con el Tercer ciclo paralelo “B” de la Carrera de Ingeniería Ambiental quienes colaboraron en el desarrollo de las diferentes actividades realizadas durante la ejecución de esta investigación.

Y como no agradecer a los miembros del tribunal de lectores por su tiempo prestado a esta investigación.

**Gratitud Eterna.**

Bryan Alexander  
Angela Samantha



## **DEDICATORIA**

A mis padres Luis y Blanca por sus consejos y paciencia, por ser mi soporte en los momentos difíciles, por el esfuerzo incondicional que me brindaron para poder culminar una de mis metas, por estar a mi lado en todo momento e instruirme humildad, honradez y sencillez.

A mis hermanos; Michael y Patrick, hermanas; Angie y Abigail, quienes siempre estuvieron presentes y me brindaron su apoyo incondicional en todo momento.

A mi amiga y compañera Angela, por su entrega y paciencia que ha poseído para la realización del presente proyecto, por brindarme su apoyo y amistad durante todo este tiempo.

**Bryan Alexander**

## DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza y sabiduría consignada para la culminación de una de mis metas y sueños planteados.

A mis padres Tobías y Angelita por darme la vida, por su amor infinito y sacrificio incondicional de verme convertida en una verdadera profesional. Por sus consejos y aliento para enfrentar los caminos de la vida, por ser mis guías ante cualquier adversidad e inculcarme la sencillez, humildad y honradez, por estar a mi lado en el cumplimiento de este logro alcanzado más que mío es de ustedes, los amo mucho.

A mis hermanos; Hernán y José, hermanas; Lorena, Mónica, Verónica, Maribel, Clara y Narcisa quienes me han brindado apoyo, cariño y estima, a mis sobrinos y sobrinas quienes me llenan de dicha, alegría y felicidad.

A Marjorie Calo, mi sobrina privilegiada quien creyó y cree infinitamente en mí, por consignarme como su digno ejemplo a seguir en el esfuerzo diario de sus estudios y ver en mí que los sueños y metas propuestas siempre son posibles de cumplir.

A Bryan, mi amigo y compañero del presente proyecto de investigación, por su entereza y dedicación plasmada para el desarrollo y culminación del mismo, por su amistad brindada durante mi etapa estudiantil en tan prestigiosa Universidad.

A mis dos mejores y fieles amigos Snoopy y Valentina, confidentes y guardianes mis elogios por su inmenso cariño y compañía incondicional hacia a mí.

**Angela Samantha**

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO:** “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores en el Río Pumacunchi Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020.”

#### **Autores:**

Changoluisa Choloquina Bryan Alexander  
Quishpe Chanatasig Angela Samantha

#### **RESUMEN**

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar la calidad del agua del río Pumacunchi por medio de bioindicadores, debido a que las comunidades de macro invertebrados acuáticos poseen un grado de tolerancia a los factores de índole física y química que afectan a los cuerpos de agua, para lo cual se delimitó y geo referenció tres puntos de estudio (Los Ilinizas, Guaytacama y San Rafael).

Para el muestreo de bioindicadores se monitoreó durante tres meses consecutivos (Octubre, Noviembre y Diciembre) donde se identificaron 2.315 individuos de macro invertebrados acuáticos distribuidos en 15 familias, mientras que para determinar el índice de calidad de agua (ICA NSF) se realizó un análisis Físico – Químicos y Microbiológicos en septiembre y enero.

Los Índices biológicos: BMWP/col, ABI, EPT e Índice de biodiversidad de SHANNON – WEAVER fueron las metodologías aplicadas, el índice EPT mostró que la calidad del agua se encuentra Moderadamente Contaminado en los puntos uno y dos correspondiente a Los Ilinizas y Guaytacama noviembre), según los índices BMWP/col y ABI la calidad va de Regular (Los Ilinizas) a Muy Contaminado – Malo (Guaytacama y San Rafael), el índice de SHANNON – WEAVER mostró que existe una biodiversidad Normal.

La calidad del agua de acuerdo a los 9 parámetros evaluados del ICA NSF determinó que el agua en los tres puntos de estudio es Regular ya que se encuentra en el rango de 51-70, mientras que en comparación con el TULSMA Libro VI, Anexo I; Tabla 6. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola, el parámetro coliformes fecales sobrepasa los Límites máximos permisibles.

**Palabras clave:** Bioindicadores, fuentes de contaminación, Índice de Calidad de Agua, macro invertebrados, río Pumacunchi.

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITLE:** “Determination of water quality through bioindicators in the Pumacunchi River Cotopaxi Province, period 2019-2020.”

#### **Authors:**

Changoluisa Choloquina Bryan Alexander  
Quishpe Chanatasig Angela Samantha

#### **SUMMARY**

This research was carried out with the objective of determining the water quality of the Pumacunchi river by means of bioindicators, because the communities of aquatic macro invertebrates have a degree of tolerance to physical and chemical factors that affect the bodies of water, for which three points of study were delimited and geo referenced (Los Ilinizas, Guaytacama and San Rafael).

For the sampling of bioindicators it was monitored for three consecutive months (October, November and December) where 2,315 individuals of aquatic macro invertebrates distributed in 15 families were identified, while to determine the water quality index (ICA NSF) a Physical - Chemical and Microbiological analysis was performed in September and January.

Biological Indices: BMWP / col, ABI, EPT and SHANNON - WEAVER Biodiversity Index were the methodologies applied, the EPT index showed that water quality is Moderately Contaminated at points one and two corresponding to Los Ilinizas and Guaytacama (November), according to the BMWP / col and ABI indices, the quality ranges from Regular (Los Ilinizas) to So Contaminated – The Worst (Guaytacama and San Rafael), the SHANNON - WEAVER index showed that there is a Normal biodiversity.

The water quality according to the 9 parameters evaluated by the ICA NSF determined that the water in the three study points is Regular since it is in the range of 51-70, while in comparison with the TULSMA Book VI, Annex I ; Table 6. Eligible quality criteria for agricultural waters, the fecal coliform parameter exceeds the maximum permissible limits.

**Keywords:** Bioindicators, sources of contamination, Water Quality Index, macro invertebrates, Pumacunchi river.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
DEDICATORIA .....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY .....	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.2 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.3 EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS:.....	4
1.4.1 General.....	4
1.4.2 Específicos .....	4
1.5 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
2 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
2.1 El agua.....	6
2.1.1 Calidad del agua .....	6
2.1.2 Contaminación del agua.....	6
2.1.3 Escasez del agua .....	6
2.2 Bioindicadores de la calidad del agua.....	7
2.2.1 Bioindicadores .....	7
2.2.2 Macro invertebrados acuáticos .....	7
2.2.3 Método biológico.....	8

2.2.4	Índice biológico .....	8
2.3	ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES .....	8
2.3.1	Índice B.M.W.P (Biological Monitoring Working Party) .....	8
2.3.2	El Índice ABI (Andean Biotic Index) .....	10
2.3.3	Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).....	12
2.3.4	Índice de diversidad de SHANNON – WEAVER .....	12
2.4	ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA).....	13
2.4.1	Propiedades e indicadores de la calidad del agua.....	14
2.5	PARÁMETROS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF).....	14
2.5.1	Parámetros Físicos .....	14
2.5.1.1	Temperatura (° T).....	14
2.5.1.2	Turbidez.....	15
2.5.1.3	Medición de la turbidez.....	15
2.5.2	Parámetros Químicos .....	15
2.5.2.1	Potencial de Hidrógeno (pH) .....	15
2.5.2.2	Oxígeno Disuelto (OD) .....	16
2.5.2.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	17
2.5.2.4	Nitratos. ....	17
2.5.2.5	Fosfatos.....	17
2.5.2.6	Solidos Totales Disueltos (TDS).....	18
2.5.3	Parámetros Microbiológicos .....	18
2.5.3.1	Coliformes Fecales.....	18
3	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS .....	19
4	METODOLOGIA / DISEÑO EXPERIMENTAL .....	19
4.1	PROTOCOLO DE RECAUDACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA .....	19
4.1.1	Manejo y conservación .....	19
4.1.1.1	Preparación de recipientes .....	20

4.1.1.2	Llenado de recipientes.....	20
4.1.1.3	Refrigeración y congelación de las muestras.....	20
4.1.1.4	Identificación de muestras.....	21
4.1.1.5	Transporte de las muestras.....	21
5	MÉTODOS.....	21
5.1	Método Cualitativo.....	21
5.2	Método Cuantitativo.....	21
5.3	Método Inductivo.....	22
6	TÉCNICAS.....	22
6.1	Observación.....	22
6.2	Bibliográfica.....	23
7	INTRUMENTOS.....	23
7.1	Libreta de campo.....	23
7.2	Ficha de registro.....	23
7.3	Fotografías.....	23
8	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
8.1	Descripción del área de estudio.....	24
8.1.1	Ubicación.....	24
8.1.2	Clasificación ecológica.....	25
8.2	Fase de campo.....	25
8.2.1	Muestreo de macro invertebrados.....	25
8.2.2	Técnica de muestreo en aguas poco profundas.....	25
8.2.2.1	Materiales.....	25
8.2.3	Procedimiento.....	26
8.2.4	Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis Físico- Químico y Microbiológico.....	26
8.2.4.1	Materiales.....	26

8.2.5	Procedimiento de muestreo .....	27
9	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	27
10	DISCUSIÓN .....	36
11	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS.....	38
11.1	Sociales .....	38
11.2	Ambientales.....	38
11.3	Económicos .....	38
12	PRESUPUESTO .....	38
13	CONCLUSIONES .....	40
14	RECOMENDACIONES .....	41
15	BIBLIOGRAFÍA.....	42
16	ANEXOS .....	1

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Beneficiarios del proyecto. ....	2
<b>Tabla 2.</b>	Matriz de actividades por objetivos.....	5
<b>Tabla 3.</b>	Puntaje asignado a cada familia de macro invertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP .....	9
<b>Tabla 4.</b>	Valores designados por medio del método BMWP .....	10
<b>Tabla 5.</b>	Puntaje para macro invertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI.....	11
<b>Tabla 6.</b>	Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.....	12
<b>Tabla 7.</b>	Clasificación de calidad de agua según el índice EPT .....	12
<b>Tabla 8.</b>	Clasificación del ICA .....	14
<b>Tabla 9.</b>	Coordenadas Geográficas del Río Pumacunchi .....	25
<b>Tabla 10.</b>	Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Pumacunchi correspondiente al mes de octubre.....	27
<b>Tabla 11.</b>	Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Pumacunchi correspondiente al mes de noviembre.....	29
<b>Tabla 12.</b>	Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Pumacunchi correspondiente al mes de diciembre.....	30



<b>Tabla 13.</b> Comparación de los resultados Físico - Químicos y Microbiológicos.....	32
<b>Tabla 14.</b> Cuadro comparativo de los muestreos realizados en los meses de octubre, noviembre y diciembre.....	34
<b>Tabla 15.</b> Presupuesto para la ejecución del Proyecto .....	38
<b>Tabla 16.</b> Número de especies encontradas en el mes de octubre en Los Ilinizas.....	8
<b>Tabla 17.</b> Número de especies encontradas en el mes de octubre en Guaytacama .....	10
<b>Tabla 18.</b> Número de especies encontradas en el mes de octubre en San Rafael.....	12
<b>Tabla 19.</b> Número de especies encontradas en el mes de noviembre en Los Ilinizas.....	14
<b>Tabla 20.</b> Número de especies encontradas en el mes de noviembre en Guaytacama .....	16
<b>Tabla 21.</b> Número de especies encontradas en el mes de noviembre en San Rafael .....	18
<b>Tabla 22.</b> Número de especies encontradas en el mes de diciembre en Los Ilinizas.....	20
<b>Tabla 23.</b> Número de especies encontradas en el mes de diciembre en Guaytacama .....	22
<b>Tabla 24.</b> Número de especies encontradas en el mes de diciembre en San Rafael.....	24
<b>Tabla 25.</b> Guía de Macro invertebrados acuáticos encontrados en el río Pumacunchi.....	26

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Mapa de ubicación .....	24
<b>Ilustración 2.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Los Ilinizas correspondiente al mes de septiembre. ....	32
<b>Ilustración 3.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Guaytacama correspondiente al mes de septiembre. ....	32
<b>Ilustración 4.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de San Rafael correspondiente al mes de septiembre. ....	33
<b>Ilustración 5.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Los Ilinizas correspondiente al mes de enero.....	33
<b>Ilustración 6.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Guaytacama correspondiente al mes de enero.....	34
<b>Ilustración 7.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de San Rafael correspondiente al mes de enero.....	34

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografías 1.</b> Recaudación de muestras de agua para el correspondiente análisis Físico - Químicos y Microbiológicos. ....	35
<b>Fotografías 2.</b> Medición del caudal .....	35
<b>Fotografías 3.</b> Muestreo de Macro invertebrados en el Rio Pumacunchi. ....	36
<b>Fotografías 4.</b> Identificación de Macro invertebrados en el laboratorio. ....	36

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de octubre. ....	28
<b>Gráfico 2.</b> Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de noviembre .....	29
<b>Gráfico 3.</b> Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de diciembre .....	31
<b>Gráfico 4.</b> Caudal correspondiente a los meses de octubre, noviembre y diciembre .....	36
<b>Gráfico 5.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Los Ilinizas. ....	9
<b>Gráfico 6.</b> Porcentaje del Índice EPT. ....	9
<b>Gráfico 7.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Guaytacama. ....	11
<b>Gráfico 8.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en San Rafael. ....	13
<b>Gráfico 9.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Los Ilinizas. ....	15
<b>Gráfico 10.</b> Porcentaje del Índice EPT. ....	15
<b>Gráfico 11.</b> % de Abundancia de macro invertebrados existentes en el Guaytacama. ....	17
<b>Gráfico 12.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en el San Rafael. ....	19
<b>Gráfico 13.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Los Ilinizas. ....	21
<b>Gráfico 14.</b> Porcentaje del Índice EPT. ....	21
<b>Gráfico 15.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Guaytacama. ....	23
<b>Gráfico 16.</b> Porcentaje del Índice EPT. ....	23
<b>Gráfico 17.</b> Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en San Rafael. ....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A. AVAL DE TRADUCCIÓN</b> .....	1
<b>ANEXO B. CURRICULUM VITAE TUTOR DEL PROYECTO</b> .....	2
<b>ANEXO C. CURRICULUM VITAE EQUIPO INVESTIGADOR</b> .....	6
<b>ANEXO D. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE</b> .....	8
<b>ANEXO E. DESCRIPCIÓN BIOINDICADORES</b> .....	26
<b>ANEXO F. RESULTADOS DEL LABORATORIO</b> .....	32
<b>ANEXO G. REGISTRO FOTOGRÁFICO</b> .....	35

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título**

Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores en el Río Pumacunchi Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020.

### **Lugar de ejecución.**

Provincia de Cotopaxi

### **Institución, unidad académica y carrera que auspicia.**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales- Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

### **Nombres de equipo de investigadores.**

#### **Coordinador de Proyecto de Investigación.**

- M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

#### **Equipo investigador.**

- Changoluisa Choloquina Bryan Alexander
- Quishpe Chanatasig Angela Samantha

### **Área de Conocimiento:**

Ambiente – Recursos Hídricos

### **Línea de investigación.**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **Sub líneas de investigación de la Carrera.**

Impactos Ambientales.

### **Línea de Vinculación.**

Servicios: protección ambiental y desastres naturales.

## 1.1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El río Pumacunchi muestra indicios de contaminación y la calidad de su recurso hídrico ha sido afectado a causa de la falta de planificación, la descarga de contaminantes provenientes de actividades florícolas y asentamientos humanos que han sido parte del problema socio ambiental con relación al crecimiento de la contaminación. El recurso hídrico ya mencionado, diariamente recibe descargas de aguas residuales sin previo tratamiento y residuos sólidos (basura y escombros) que son arrojados ineludiblemente a lo largo de su cauce.

La presente investigación aporta con resultados obtenidos de tres puntos de muestreo del río Pumacunchi, se determinó la calidad del agua mediante la presencia de bioindicadores, por ser una alternativa económica y viable. A su vez, se presenta el Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) con la finalidad de dar a conocer su estado actual. Mediante la ejecución del proyecto se beneficiarán de manera directa el cantón Latacunga y de manera indirecta la provincia de Cotopaxi.

Los resultados obtenidos permitieron conocer la calidad del agua y exteriorizar que las alteraciones que provocan los aspectos ambientales, sociales y económicos forman parte de las principales fuentes de contaminación que afectan al recurso hídrico. La presente investigación pretende proveer de información veraz a las autoridades pertinentes sobre los resultados obtenidos acerca del grado de contaminación que presenta el río, para la toma de decisiones y el desarrollo de políticas que ayuden a su conservación, así como el planteamiento de alternativas de remediación, recuperación y conservación

## 1.2 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 1.** *Beneficiarios del proyecto.*

DIRECTOS			INDIRECTOS		
Población del cantón Latacunga	Masculino	Femenino	Población de la provincia de Cotopaxi	Masculino	Femenino
	82.301	88.188		198.625	210.580

**Fuente:** INEC- Censo de Población y Vivienda 2010.

**Elaborado por:** Equipo de investigación.

### 1.3 EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Existe peligro de la calidad y cantidad del recurso hídrico a consecuencia del impacto que genera el desarrollo de las actividades humanas, ambas dimensiones son esenciales para la supervivencia y bienestar de los organismos vivos de todo el mundo. Los desechos provenientes de la agricultura desmedida, deforestación, explotación maderera, canales de riego, explotación minera, descargas humanas, etc., terminan finalmente en los ríos y por último en el mar, provocando que la disponibilidad y gran parte de la fauna acuática existente en ella se vaya reduciendo de manera trascendente.

La Organización de las Naciones Unidas ha reconocido el agua limpia como un derecho humano fundamental. A pesar de ello, gran parte de la población mundial vive a diario con agua de mala calidad, es decir agua que no es apta para ser bebida o fuentes de agua superficial como ríos, lagos y océanos que no son de la calidad aparente.

En el Ecuador, los escasos estudios que se han realizado acerca de la calidad del agua coinciden en que existe una fuerte contaminación de este recurso, siendo las principales fuentes contaminantes los desperdicios generados en los municipios, industria, agricultura, ganadería, etc. Residuos de grasas, aceites, detergentes, materia orgánica, aguas residuales agrícolas y varios microorganismos parásitos son los contaminantes más habituales que se descargan de manera directa a los ríos.

En la provincia de Cotopaxi, constituyendo parte de los cantones Latacunga y Saquisilí se forma la microcuenca del Río Pumacunchi, conformando parte de la Subcuenca del río Patate y desembocando en el río Pastaza. La microcuenca recibe continuamente despojos que provienen del desarrollo de distintas actividades antrópicas habituales como la ganadería y agricultura. A esto se suma el crecimiento poblacional por lo que el río recepta una gran cantidad de aguas servidas. Con esa contaminación se ha canalizado al sistema de riego Latacunga, Salcedo, Ambato que irriga 6.024 hectáreas de la provincia de Tungurahua y 1.500 hectáreas de la provincia de Cotopaxi, abasteciendo a 17.000 familias con 4.500 litros de agua potencialmente contaminada. La cultura ambiental por parte de los habitantes es otro de los factores principales que provoca el deterioro del río Pumacunchi, puesto que algunos sectores se han convertido en un botadero de basura.

Estudios sobre el Índice de Calidad de Agua realizados en años anteriores demuestran que el recurso hídrico mencionado se encuentra en una categoría de muy mala calidad. Los

resultados obtenidos muestran que en el año 2016 el 26,90% de su afluente representa agua de mala calidad y en el año 2018 la situación se agrava, puesto que el nivel disminuyó al 9,18% mostrándose, así como agua de muy mala calidad. Los resultados fueron determinados en base a la referencia de la tabla de valores asignados en el ICA. La autoridad principal de la Dirección del Ministerio de Ambiente en Cotopaxi afirma que retirar los sólidos suspendidos con cribas es el tratamiento que se le da al río Pumacunchi, siendo este deficiente ya que se desconoce el cálculo de las descargas que se depositan a diario, lo que afecta la fauna propia del río, suelos y cultivos.

#### **1.4 OBJETIVOS:**

##### **1.4.1 General**

- Determinar la calidad del agua mediante la presencia de bioindicadores (macro invertebrados) y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del río Pumacunchi provincia de Cotopaxi.

##### **1.4.2 Específicos**

- Delimitar los puntos de estudio mediante georeferenciación del área.
- Identificar taxonómicamente los bioindicadores (macro invertebrados) muestreados en los puntos de estudio del río Pumacunchi.
- Evaluar la calidad del agua del río Pumacunchi mediante la aplicación de los Índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el Índice de calidad de Agua (ICA NSF) para su comparación con la normativa ambiental vigente (TULSMA).

## 1.5 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 2.** *Matriz de actividades por objetivos*

<b>OBJETIVOS</b>	<b>TAREAS</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Delimitar los puntos de estudio mediante georeferenciación del área.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar una visita in situ al área de estudio.</li> <li>- Seleccionar los puntos (inicio, medio y fin) de estudio de acuerdo a la situación actual que presenta el área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tres puntos de estudio Georeferenciados.</li> <li>- Mapa de la zona de estudio.</li> </ul>	-Georeferenciación de los puntos de estudio con el apoyo de herramientas básicas como el GPS y el software ArcGIS. El GPS permitió obtener las coordenadas geográficas, mientras que con el software se pudo elaborar el mapa y exteriorizar los puntos de la zona de estudio.
Identificar taxonómicamente los bioindicadores (macro invertebrados) en los puntos de estudio del río Pumacunchi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar trabajos de muestreo en campo en cada uno de los puntos de estudio.</li> <li>- Reconocer y clasificar a los bioindicadores en el laboratorio con el apoyo de una guía taxonómica y un Estereomicroscopio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de bioindicadores (macro invertebrados) hallados en cada punto de estudio.</li> <li>- Especies de bioindicadores existentes en los puntos de estudio.</li> </ul>	-Muestreo en los puntos de estudio como trabajo en campo, donde se recolectó la mayor cantidad posible de bioindicadores que posteriormente se identificó en el laboratorio y se clasificó según su taxonomía (orden, género y familia).
Evaluar la calidad del agua del río Pumacunchi mediante la aplicación de los Índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el Índice de calidad de Agua (ICA NSF) para su comparación con la normativa ambiental vigente (TULSMA).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo de los índices biológicos BMWP/col, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver.</li> <li>- Muestreo y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua.</li> <li>-Cálculo del índice de calidad de agua ICA NSF y su comparación con el TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I; Tabla 6. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calidad de agua obtenida por los resultados de los cálculos de los Índices Biológicos.</li> <li>-Calidad de agua de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos obtenido por el ICA NSF.</li> </ul>	-Cuantificación de bioindicadores acorde a su clasificación taxonómica para el cálculo de los índices BMWP, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver. Recaudación y envío de muestras de agua al laboratorio para el correspondiente análisis Físico-Químicos y Microbiológicos.

**Elaborado por:** Autores



## **2 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **2.1 El agua**

Según la Secretaría Nacional del Agua (2012), la mayor parte del consumo del agua en el Ecuador, se destina al riego, estimándose su uso en un 80% del consumo total. Es así la importancia de determinar la calidad del agua que se utiliza en diversos cultivos. El agua utilizada para sistemas de riego no debe alterar el desarrollo de las plantas ni presentar contaminaciones químicas, para lo cual sus características físicas, químicas y microbiológicas deben mantenerse.

#### **2.1.1 Calidad del agua**

Según la OEA (Organización de los Estados Americanos) (2014), un estudio realizado sobre la investigación del agua para la agricultura, define la calidad del agua por una o más características físicas, químicas o biológicas que pueden variar significativamente, donde el principal problema que se identifica es lo referente a la salinidad que posee la misma.

#### **2.1.2 Contaminación del agua**

Al disolverse sustancias como anhídrido carbónico, óxido de azufre y de nitrógeno con la lluvia que aún no ha tenido contacto con el suelo se forma la lluvia ácida. Una vez en el suelo, el agua discurre por la superficie o se filtra hacia capas subterráneas, recibiendo agentes contaminantes, al atravesar por zonas agrícolas el agua se carga de pesticidas y productos químicos. (Lans, Marrugo y Díaz, 2012)

Las distintas actividades tecnológicas, industriales, domésticas, entre otras, que se realizan en zonas cercanas a los cuerpos de agua, o directamente en ellos, producen una serie de alteraciones en su composición, estado, forma. Sin embargo los ríos también muestran cierta capacidad de liberarse de los contaminantes, para lo cual necesitan tener un tramo muy largo para que las bacterias puedan realizar su trabajo depurador. (García, 2011)

#### **2.1.3 Escasez del agua**

La escasez de agua se ha presentado ya en 43 países del mundo, 700 millones de personas se ven excluidas de este recurso. (Instituto Global del Agua, 2013)

Una vez al mes dos tercios de la población mundial experimentan la escasez del agua en las zonas donde habitan. (Mekonnen y Hoekstra, 2016)

Se estima que para el 2050 la cifra de personas que experimenten la escasez de agua vaya desde los 4.8 a 5.7 millones, es decir la cifra de 3.6 mil millones de personas se duplicará considerablemente. (UNESCO, 2018)

## **2.2 Bioindicadores de la calidad del agua**

### **2.2.1 Bioindicadores**

Los bioindicadores son organismos referentes, ya sean estos animales, plantas, hongos o microorganismos; que indican, refieren y evidencian las condiciones y los cambios efectuados en el entorno a lo largo del tiempo. Estos organismos pueden representar una alteración de un lugar o bien revelar contaminaciones ya sea del suelo, agua o aire; así mismo, permiten medir el nivel de afectación, o pueden ser usados como medio para poder determinar el grado de alteración de un ecosistema. (Ladrera, 2012).

### **2.2.2 Macro invertebrados acuáticos**

Los macro invertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Se encuentran conformadas por poblaciones de platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos, se les denomina macro invertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. (Hanson, et al, 2010)

Los macro invertebrados acuáticos son un grupo variado de organismos que no tienen espina dorsal y que son fáciles de ver sin la necesidad de un microscopio. (Roldan, 2016)

Según Giacometti (2019), los macro invertebrados son pequeños animales que proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua y al usarlos en el monitoreo se puede comprender el estado en que ésta se encuentra. Existe mucha variabilidad y su uso va a depender del estudio que se quiera realizar.

Según Resh (2008), los macro invertebrados son utilizados como bioindicadores de calidad de agua, algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir mientras que otros se reproducen y abundan en aguas contaminadas, en las cuales se destacan las siguientes:

- Su distribución es amplia geográficamente y en diferentes tipos de ambientes.
- Riqueza abundante de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- Su reacción de huida lo posibilita como indicador de contaminación.

- Ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- Su taxonomía en general es bien conocida a nivel de familia y género.
- Su sensibilidad es bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

### **2.2.3 Método biológico**

El método biológico es considerado como un método alternativo de estudio; por esta razón supone una mayor accesibilidad para la implementación. A diferencia de los análisis fisicoquímicos, que dan información sobre las condiciones en el momento de tomar la muestra, el monitoreo biológico informa tanto de condiciones pasadas como de actuales. (Barba, De la Lanza, Contreras, & González, 2013)

### **2.2.4 Índice biológico**

Los índices biológicos compuestos por comunidades de bioindicadores son utilizados como medidas ante la presencia de alteraciones a causa de la contaminación. (Naranjo & López, 2013) El índice biológico es una medida o indicador de las variables que pueden presentar determinados organismos en el medio ambiente. Los estudios que se realizan con indicadores biológicos, la ausencia o presencia, el aumento o disminución, la diversidad u homogeneidad de comunidades de organismos, significa que pueden o no estar siendo perturbadas en el entorno por ciertas causas antrópicas o naturales que provoquen ese efecto.

## **2.3 ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE BIOINDICADORES**

### **2.3.1 Índice B.M.W.P (Biological Monitoring Working Party)**

El índice Biological Monitoring Working Party abreviado en sus siglas BMWP es considerado como un método simple y rápido que permite evaluar la calidad de agua, por medio del uso de macro invertebrados como bioindicadores, el nivel de familia es analizado con datos cuantitativos de presencia y ausencia. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, siendo 10 el más sensible y 1 el más tolerante. (Roldán, 2016)

El puntaje se asigna de acuerdo a la familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados como se muestra en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Puntaje asignado a cada familia de macro invertebrados 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, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, 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, Dugesidae.	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:** (Toledo y Mendoza, 2016).

La suma total de los puntajes de las familias monitoreadas proporcionará el valor de la calidad del agua como se muestra en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Valores designados por medio del método BMWP

<b>CLASES DE CALIDAD DE AGUA VALORES BMWP Y COLORES PARA REPRESENTAR EL ÍNDICE</b>				
<b>CLASE</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>BMWP</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>COLOR</b>
I	Buena	>150 101 a 120	Aguas muy limpias. Aguas no contaminadas o poco contaminadas	<b>AZUL</b>
II	Aceptable	61 a 100	Se evidencia efectos de la contaminación	<b>VERDE</b>
III	Dudosa	36 a 60	Aguas moderadamente contaminadas	<b>AMARILLO</b>
IV	Critica	15 a 35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas. Situación crítica.	<b>ROJO</b>

**Fuente:** (Roldán, 2016).

### 2.3.2 El Índice ABI (Andean Biotic Index)

El Índice ABI en español Índice Biótico Andino, es un índice biológico cuantitativo que se aplica específicamente para la evaluación del estado de salud de los ecosistemas de los ríos altoandinos, los ecosistemas altoandinos se ubican entre los 2000 a 4000 msnm. (Mijahuanca, 2014)

El índice ABI tiene como objetivo evaluar de forma cualitativa la calidad de agua, mediante la presencia o ausencia de macro invertebrados en ríos Andinos. La identificación de los macro invertebrados acuáticos recolectados se la realiza a nivel taxonómico de familia y orden dependiendo del caso, una vez identificado se da un valor, se suma los puntajes y se obtiene el valor del índice, para determinar la calidad del agua. (Acosta, et al., 2009)

Éste índice fue adaptado a partir del BMWP Ibérico, la adaptación permite utilizar el índice con facilidad según el entorno de los páramos a estudiarse. Según la tolerancia a las condiciones ambientales y del entorno, los macro invertebrados tienen valores en el índice ABI, al final todas las calificaciones se suman, el resultado va desde 1 a 100 con lo cual se ve definido la calidad del agua. (Rosero y Fossati, 2009)

El índice ABI asigna puntajes a los macro invertebrados acuáticos y puntajes para la calidad del agua como se presenta en las **Tablas 5 y 6** correspondientemente.

**Tabla 5.** Puntaje para macro invertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN	ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
Tricladida	Planariidae	5	Trichoptera	Helicopsychidae	10
Hirudinea	-	3		Calamoceratidae	10
Oligochaeta	-	1		Odontoceridae	10
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Leptoceridae	8
Amphipoda	Hyaletellidae	6		Polycentropodidae	8
Ostracoda	-	3		Hydroptilidae	6
Hydracarina	-	4		Xiphocentronidae	8
Ephemeroptera	Baetidae	4		Hydrobiosidae	8
	Leptophlebiidae	10		Glossosomatidae	7
	Leptohyphidae	7		Hydropsychidae	5
	Oligoneuridae	10		Anomalopsychidae	10
Odonata	Aeshnidae	6		Philopotamidae	8
	Gomphidae	8		Limnephilidae	7
	Libellulidae	6		Ptilodactilidae	5
	Coenagrionidae	6	Lampyridae	5	
	Calopterygidae	8	Psephenidae	5	
	Polythoridae	10	Scirtidae	5	
Diptera	Blepharoceridae	10	Coleoptera	Staphylinidae	3
	Simuliidae	5		Elmidae	5
	Tabanidae	4		Dryopidae	5
	Tipulidae	5		Gyrinidae	3
	Limoniidae	4		Dytiscidae	3
	Ceratopogonidae	4		Hydrophilidae	3
	Dixidae	4		Hydraenidae	5
	Psychopodidae	3	Heteróptera	Veliidae	5
	Dolichopodidae	4		Gerridae	5
	Stratiomyidae	4		Corixidae	5
	Empididae	4		Notonectidae	5
	Chironomidae	2		Belostomatidae	4
	Culicidae	2		Naucoridae	5
	Muscidae	2		Gastropoda	Ancylidae
Ephydriidae	2	Physidae	3		
Athericidae	10	Hydrobiidae	3		
Syrphidae	1	Lymnaeidae	3		
Planorbidae	3				
Plecoptera	Perlidae	10	Lepidoptera	Pyalidae	4
	Griopterygidae	10			

**Fuente:** (Toledo y Mendoza, 2016).

**Tabla 6.** Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.

<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Muy bueno	> 96
Bueno	59-96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	< 14

**Fuente:** (Toledo y Mendoza, 2016).

### 2.3.3 Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Este índice se lo construye mediante el uso de información obtenida sobre las abundancias de tres grupos de macro invertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), que son indicadores de buena calidad de agua, por ser sensibles a contaminantes o trastornos ambientales del medio donde viven. Este índice trata de simplificar la identificación de los bioindicadores de calidad del agua, facilitando un control del agua con la sensibilidad y presencia o ausencia de estos grupos. (Terneus, Hernández y Racines, 2012)

Los EPT presentes se dividen por la abundancia total, obteniendo un valor, el cual se lleva a una tabla de calificaciones de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad como se puede observar en la **Tabla 7**.

**Tabla 7.** Clasificación de calidad de agua según el índice EPT

<b>Índice EPT</b>	<b>Calidad de Agua</b>
75 – 100%	Muy buena
50 – 74%	Buena
25 – 49%	Regular
0 – 24%	Mala

**Fuente:** (Endara, 2012)

### 2.3.4 Índice de diversidad de SHANNON – WEAVER

El índice de Shannon - Weaver, o de Shannon - Wiener se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como  $H'$  y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5. El valor normal se representa si este se encuentra entre 2 y 3, valores inferiores

a 2 significa que la diversidad es baja y superiores a 3 la diversidad de especies es alta. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes 15 de coral, y los menores las zonas desérticas. (Morelli & Verdi, 2014)

No es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

Para estimar el índice de Shannon - Weaver se aplica la siguiente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

**Donde:**

**S**= número de especies (la riqueza de especies)

**Pi**= proporción de individuos de la especie (i) respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie)

**ni**= número de individuos de la especie

**N**= número de todos los individuos de todas las especies.

## 2.4 ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)





El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. En general, el ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua. (Valcarcel et, al, 2010)

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es o no saludable. (González, et, al, 2013)

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio como se presenta en la **Tabla 8**.



**Tabla 8. Clasificación del ICA**

<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>COLOR</b>	<b>VALOR</b>
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

**Fuente:** (Gutiérrez & García, 2014)

### **2.4.1 Propiedades e indicadores de la calidad del agua**

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana y se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con los estándares de calidad del agua. De no existir la acción humana, la calidad del agua se debería a la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. (Pastuña & Ramírez, 2014)

## **2.5 PARÁMETROS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA-NSF)**

### **2.5.1 Parámetros Físicos**

#### **2.5.1.1 Temperatura (° T)**

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias de tal manera que existiría aumento de los sólidos disueltos y disminución de gases. (Moreno, 2011)

Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría realizada “in situ” (en el sitio). Las corrientes de aguas tropicales no debe superar los 35 ° C. (Gómez, 2012)

### **2.5.1.2 Turbidez**

En cursos naturales, la turbidez en el agua evita la penetración de luz natural y por tanto modifica la flora y fauna subacuática. Los procesos de fotosíntesis como respiración y reproducción se ven afectados por la limitación del paso de la luz solar a la vida acuática. Las partículas suspendidas absorben el calor de la luz solar, esto hace que las aguas turbias se vuelvan más calientes y la concentración de oxígeno en el agua se vea reducida (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Uno de los impactos más importantes que produce la turbidez es la sedimentación que se forma por el asentamiento de partículas en el fondo de los cuerpos de agua y disminuye la capacidad de retención de agua de quebradas, ríos y lagos. (Tenelema , 2016)

Sánchez (2014), menciona que existen algunos parámetros los cuales influyen significativamente en la turbidez del agua entre las cuales tenemos:

- Descarga de efluentes.
- Crecimiento de las algas.
- Fitoplancton.
- Sedimentos procedentes de la erosión.
- Sedimentos suspendidos del fondo.
- Escorrentía urbana.

### **2.5.1.3 Medición de la turbidez**

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) (2018), la turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), el nefelómetro o turbidímetro mide la intensidad de la luz que se dispersa a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

La medición de la turbidez puede ser usada para estimar la concentración de TSS (Sólidos Totales en Suspensión), el valor ideal de la turbidez para el agua de consumo humano no debe sobrepasar los 5 NTU, siendo 1 NTU el valor ideal. (González, 2011, p.2-10).

## **2.5.2 Parámetros Químicos**

### **2.5.2.1 Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno que sirve para indicar la acidez o alcalinidad del agua. El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones  $H^+$  ) y el número de iones hidroxilo ( $OH^-$ )

presentando valores de entre 0 y 14. Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra presentando un pH de 7, si una sustancia presenta un pH mayor a 7, es una sustancia básica y si el pH se encuentra por debajo de 7, es una sustancia ácida. (Velázquez, 2013)

Respecto a lo primero la secuencia de equilibrios de disolución de CO<sub>2</sub> en el agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier agua. Una variedad de detergentes para ropa contiene bicarbonato de sodio para eliminar los olores, manchas y dar brillo a los blancos. (Hodge, 2010)

Mantener un pH balanceado en el agua es crítico para la vida acuática debido a que los peces y otros organismos dependen de la alta calidad del agua con la cantidad justa de oxígeno disuelto y sus nutrientes. Si se presentan altos o bajos pH se puede presentar casos de rompimiento en el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. (Rizzardo, 2012)

A su vez, estas bacterias consumen más oxígeno disuelto del agua, lo que con frecuencia genera problemas o mortandad en los peces y los macro invertebrados acuáticos. El agua con bajo nivel de pH puede también corroer las cañerías de los sistemas de distribución de agua potable y liberar plomo, cadmio, cobre, zinc y estaño hacia el agua potable. Las plantas de tratamiento del agua monitorean con atención el pH del agua. (Blesa, 2011)

#### **2.5.2.2 Oxígeno Disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto se determina en campo y se expresa en unidades de mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. La concentración máxima de OD en un intervalo normal de temperatura es de 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L el agua no es apta para desarrollar vida en su seno. La diversidad de los organismos es mucho mayor a altas concentraciones de oxígeno disuelto. (Barba & Cortez , 2019)

Hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático, entre los que se encuentran: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana. (González, 2011)

La actividad humana, como la remoción del follaje a lo largo de una corriente o la liberación del agua caliente empleada en procesos industriales causa el aumento de la temperatura del agua. (Montalvo, 2011)

### **2.5.2.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residual; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. (Lecca & Lizama, 2014)

Para el análisis de DBO se efectúa un procedimiento experimental, tipo bioensayo, esto facilita medir el oxígeno que requieren los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Los ensayos deben estar en condiciones estándar donde se incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un tiempo determinado, generalmente cinco días. (Muñoz, et al., 2012)

### **2.5.2.4 Nitratos.**

El nitrato es inodoro e incoloro, al ser un contaminante común que se encuentra en el agua puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles. Si existe bajas concentraciones de nitrato es normal, pero si se presentan altas cantidades pueden contaminar fuentes de agua potable. La presencia de nitrato es más común en fuentes de fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos. El nitrato llega fácilmente a fuentes de agua por lixiviación. (Water Boards, 2013)

### **2.5.2.5 Fosfatos.**

El ión fosfato suele operar como un nutriente del crecimiento de algas, esto quiere decir que al existir mayor concentración de fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ), el crecimiento de las algas se da de manera desmedida, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua y, por ende, el crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, situación que conlleva a una mayor tasa de descomposición, que termina conduciendo hacia un proceso franco de eutrofización. (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017)

### **2.5.2.6 Sólidos Totales Disueltos (TDS).**

El Total de Sólidos Disueltos (TDS) se obtiene de la suma de minerales, sales, metales, cationes o aniones que se encuentran disueltos en el agua, a esto se suma cualquier otro elemento presente que no sea una molécula de agua pura (H<sub>2</sub>O) y sólidos en suspensión que no se disuelven ni se asientan en el agua, tales como la pulpa de madera. (Sigler y Bauder, 2017)

Las fuentes primarias de TDS en aguas receptoras son la escorrentía agrícola y residencial, la lixiviación de la contaminación del suelo y fuente de punto de descarga como plantas de tratamiento industriales. El calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro son comunes en la escorrentía de aguas pluviales general y climas nevados donde se aplican sales de deshielo de carreteras. (Rodríguez, 2013)

## **2.5.3 Parámetros Microbiológicos**

### **2.5.3.1 Coliformes Fecales**

Los indicadores microbiológicos de contaminación del agua generalmente han sido bacterias de la flora saprófita intestinal, entre las que se encuentran las coliformes fecales (termo tolerantes), *Escherichia coli* y estreptococos fecales. Algunas de estas, de origen animal (generalmente de explotaciones pecuarias). (Ríos, Agudelo , & Guitierrez, 2017)

Los Coliformes fecales también denominados también coliformes termo resistentes, soportan temperaturas de hasta 45 °C, estos organismos integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian en que son indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal, desechos en descomposición y aguas negras. De ellos la mayoría son *E. coli* y se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. (Moposita , 2015)

Existen cuatro géneros de indicadores de coliformes pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae (*Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* y *Klebsiella*), son un grupo de bacterias gramnegativas, aerobias y anaerobias facultativas no formadoras de esporas pero fermentadoras de la lactosa a 37°C en un tiempo de 48 horas, poseen una enzima β-galactosidasa, presenta una forma de bacilo corto. Se encuentran distribuidas en la naturaleza, encontrándolas en el agua, suelo y vegetales, forman parte de la flora intestinal de los seres

vivos (animales y seres humanos) al ser organismos de sangre caliente y fría, llegan a multiplicarse a 44°C y fermentar la lactosa lo cual los diferencia del resto que son definidos como coliformes totales. (Vélez & Ortega , 2013)

### **3 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS**

- ¿Existe relación entre la calidad de agua con la diversidad de macro invertebrados encontrados?
- ¿Las actividades antrópicas que generan efluentes al río Pumacunchi influyen en la cantidad y familia de especies de macro invertebrados?

### **4 METODOLOGIA / DISEÑO EXPERIMENTAL**

La microcuenca del río Pumacunchi, selecta como área de estudio requirió un diagnóstico actual, por lo cual se realizó una visita in situ para delimitar y Geo referenciar los puntos que conforman parte del presente proyecto de investigación. Para la georeferenciación de los puntos se utilizó un GPS y el software ArcGIS para la elaboración del mapa correspondiente.

El muestreo de macro invertebrados fue enfocado en los tres puntos selectos del área de estudio, que posteriormente fueron identificados en el laboratorio y clasificados según su guía taxonómica (genero, especie, orden, familia, etc.), así como también se registró su abundancia para el cálculo de los índices BMWP/col, EPT, ABI y Shanon-Weaver.

Mientras que para el análisis Físico- Químico y Microbiológico se recaudó muestras de agua y se envió al laboratorio.

#### **4.1 PROTOCOLO DE RECAUDACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA**

Para la recaudación de las muestras de agua se debe tener en cuenta lo establecido en la Norma INEN 2169:98 de AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

##### **4.1.1 Manejo y conservación**

El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- a) ser causa de contaminación (por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio);
- b) absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los

metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);

- c) reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio).

#### **4.1.1.1 Preparación de recipientes**

- Los recipientes deben estar totalmente limpios y libres de cualquier sustancia que altere su contenido.

#### **4.1.1.2 Llenado de recipientes**

- En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).
- En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental.

#### **4.1.1.3 Refrigeración y congelación de las muestras.**

- Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi pero no completamente.
- La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.
- El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales.

#### **4.1.1.4 Identificación de muestras**

- Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.
- Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.).
- Las muestras especiales con material anómalo, deben ser marcadas claramente y acompañadas de la descripción de la anomalía observada. Las muestras que contienen material peligroso o potencialmente peligroso, por ejemplo, ácidos, deben identificarse claramente como tales.

#### **4.1.1.5 Transporte de las muestras**

- Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.
- El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.
- Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.
- Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

## **5 MÉTODOS**

### **5.1 Método Cualitativo**

El presente método fue utilizado con el fin de aportar a la identificación taxonómica de los macro invertebrados muestreados en los tres puntos de estudio. Después de la actividad de identificación se procedió a la elaboración de una guía rápida donde se encuentran cada una de las especies muestreadas.

### **5.2 Método Cuantitativo**

Permitió registrar el total de especies muestreadas. Las especies muestreadas y posteriormente registradas taxonómicamente por familia y orden, esto permitió desarrollar los



Índice BMWP/col y ABI por medio de una puntuación ya asignada, para el desarrollo del Índice EPT se utilizó el número de especies perteneciente únicamente a este orden para determinar la calidad de agua y el Índice de SHANNON – WEAVER utiliza el número de especies encontradas por familia y orden para determinar la biodiversidad de especies.

### **5.3 Método Inductivo**

El método en mención se utilizó fundamentalmente para determinar el grado de contaminación del efluente del río Pumacunchi, se colectó muestras de agua que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su respectivo análisis y que permitió efectuar una comparación de los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el Libro VI del TULSMA, con lo cual se dedujo la contaminación del río Pumacunchi mismo que se describe en el capítulo de resultados.

## **6 TÉCNICAS**

### **6.1 Observación**

Esta técnica fue aplicada mediante una visita in situ, permitió enfocar tres puntos de estudio de acuerdo a la percepción visual y los antecedentes de las actividades que se desarrollan en cada uno de los lugares y que se mencionan a continuación:

- El punto uno seleccionado en las coordenadas X: 751925; Y: 9919148, se encuentra cercano al nacimiento del ojo de agua proveniente de los deshielos de las faldas de Los Ilinizas. Se encuentra localizado al Noroccidente del cantón Latacunga, específicamente en la vía a Sigchos.

Se definió el punto de estudio en las coordenadas ya mencionadas debido al imperceptible desarrollo de actividades antrópicas y asentamientos humanos cercanos que pudiesen alterar la calidad del agua.

- El punto dos se encuentra en el tramo de Guaytacama en las coordenadas X: 762587; Y: 9906478. En el sector es evidente el desarrollo de actividades antrópicas como la agricultura y ganadería, que se desenvuelven en la Hacienda Nintanganga S.A.

Según la certificadora SCRLA (2013), la empresa Nintanganga S.A, en la Provincia de Cotopaxi, maneja un promedio de 1.000 hectáreas, de las cuales 850 están destinadas a la producción de brócoli, 150 a la producción de romanesco, coliflor y quinua y 14 hectáreas de flores de verano.

- El punto tres se encuentra en el sector de San Rafael en las coordenadas X: 764641; Y: 9895988 al Sur del cantón Latacunga, antes de unir su caudal al río Cutuchi. A 8.9 Kilómetros aproximadamente antes de llegar al sector San Rafael se descarga de manera directa el agua residual procedente del Centro de Rehabilitación Social Cotopaxi donde existen cerca de 5.500 internos privados de la libertad.

Con Oficio Nro. MAE-DPACOT-2018-1762-O de fecha 03 de Diciembre de 2018 ingresa una denuncia anónima que solicita la inspección al Sistema de Conducción de Agua Residual del Cantón Saquisilí y descargas al río Pumacunchi. Los moradores indican que dichas descargas emanan malos olores, por lo tanto afectan a la población del sector y son peligrosas para los transeúntes.

## **6.2 Bibliográfica**

Permitió recopilar información, que sirvió de apoyo y guía para la ejecución del presente proyecto de investigación. Siendo el primordial sustento para la fundamentación teórica.

## **7 INSTRUMENTOS**

### **7.1 Libreta de campo**

Permitió registrar los datos tomados en campo (coordenadas geográficas, temperatura, hora, fecha, características de la zona).

### **7.2 Ficha de registro**

Se utilizó para insertar datos relevantes (coordenadas, hora, fecha y datos del investigador) que permitieron identificar las muestras de agua recaudada y macro invertebrados muestreados en cada uno de los puntos de estudio, para su correspondiente análisis e identificación, evitando que exista confusión en los resultados posteriores.

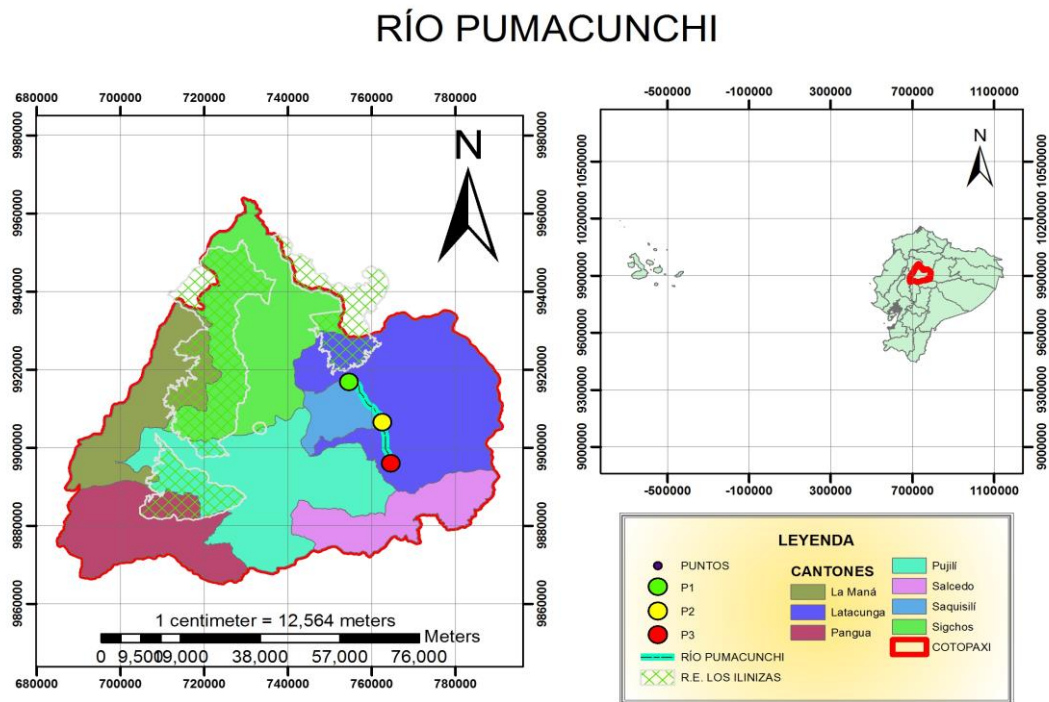
### **7.3 Fotografías**



Conforma parte de los anexos y exterioriza el trabajo de campo y laboratorio que se realizó a lo largo del desarrollo de proyecto de investigación.

## 8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 8.1 Descripción del área de estudio

**Ilustración 1.** Mapa de ubicación



<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>
CARRERA:	INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE	
AUTORES:	BRYAN ALEXANDER CHANGOLUISA CHOLOQUINGA ANGELA SAMANTHA QUISHPE CHANATASIG	 <b>Ingeniería Medio Ambiente</b>
TUTOR:	MSC. PATRICIO CLAVIJO	
PERÍODO:	2019 - 2020	

**Elaborado por:** Autores

#### 8.1.1 Ubicación

La microcuenca del río Pumacunchi se encuentra ubicada a una elevación altitudinal mínima de 2800 m.s.n.m., media de 3455 msnm y máxima de 4600 msnm en la provincia de Cotopaxi, comprendiendo los cantones Latacunga y Saquisilí.

Se forma de la fusión de los ríos Negro y Pintze. El primero nace de la unión de riachuelos y quebradas que bajan desde los páramos de Chalúa, mientras que el río Pintze se forma de un ramal del río Blanco y la quebrada Pucayaco que provienen de los deshielos de los Illinizas,

pertenece a la Subcuenca del río Patate y al unir su efluente al río Cutuchi desemboca en el Sistema del Pastaza.

### 8.1.2 Clasificación ecológica

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2012), menciona que para una variación altitudinal de 4100 - 4400/4500 msnm., le corresponde una clasificación ecosistémica de: Arbustal siempreverde montano alto superior y subnival de paramo, cobertura arbustiva y herbácea.

## 8.2 Fase de campo

### 8.2.1 Muestreo de macro invertebrados

El muestreo de macro invertebrados se efectuó mediante el método empleado en aguas lenticas o de poca corriente. (Gonzales & Cobo, 2006)

La fase de campo fue desarrollado en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre en los puntos geo referenciados que se muestran en la **Tabla 9**.

**Tabla 9.** *Coordenadas Geográficas del Río Pumacunchi*

COORDENADAS				
PUNTO	X	Y	Altitud	LUGAR
P1	751925	9919148	3523	Los Ilinizas
P2	762587	9906478	2902	Guaytacama (Nintangá S.A)
P3	764641	9895988	2773	San Rafael

**Elaborado por:** Autores.

### 8.2.2 Técnica de muestreo en aguas poco profundas

La heterogeneidad de los ambientes en los que viven los macro invertebrados requiere del uso de una amplia variedad de técnicas y de instrumentos diferentes para su captura y posterior estudio.

#### 8.2.2.1 Materiales

- Frascos de vidrio para muestras
- Pinzas entomológicas

- Lupa
- Bandeja blanca
- Red patada
- Botas y guantes de hule
- Aguja de disección
- Alcohol 70%
- Cooler
- Etiquetas

### **8.2.3 Procedimiento**

- Para el muestreo de macro invertebrados se necesitó de dos personas, uno que con la fuerza de sus extremidades inferiores y superiores levantó y agitó la arena y piedras que se encontraban asentadas en el fondo del efluente, mientras que otro sostuvo la red patada en contra de la corriente.
- Los macro invertebrados atrapados en la red patada fueron colocados en una bandeja para ser separados de los restos de piedras, hojas, etc., con la ayuda de la pinza entomología y aguja de disección.
- Se colocó alcohol al 70% en los frascos de vidrio y se introdujo los macro invertebrados muestreados.
- Los frascos etiquetados de cada uno de los puntos de muestreo fueron colocados en un cooler y transportados al laboratorio de microbiológica de la Universidad Técnica de Cotopaxi para ser identificados.

### **8.2.4 Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis Físico- Químico y Microbiológico**

El procedimiento de la toma de muestras para el respectivo análisis fue basado en la norma técnica INEN 2 169:98.

#### **8.2.4.1 Materiales**

- Botellas o recipientes de vidrio o plástico de boca ancha.
- Termómetro
- Cooler
- Guantes y botas de hule
- Libreta de campo

### 8.2.5 Procedimiento de muestreo

- Se realizó el triple lavado del recipiente.
- El recipiente fue llenado y tapado de manera inmediata.
- Las muestras fueron etiquetadas de manera clara y colocadas en el cooler para su posterior transporte.
- Se conservaron las muestras en una temperatura de 2°C y 5°C.
- Se transportó la muestra como lo establece la Norma Técnica para su posterior recepción en el laboratorio y respectivo análisis.

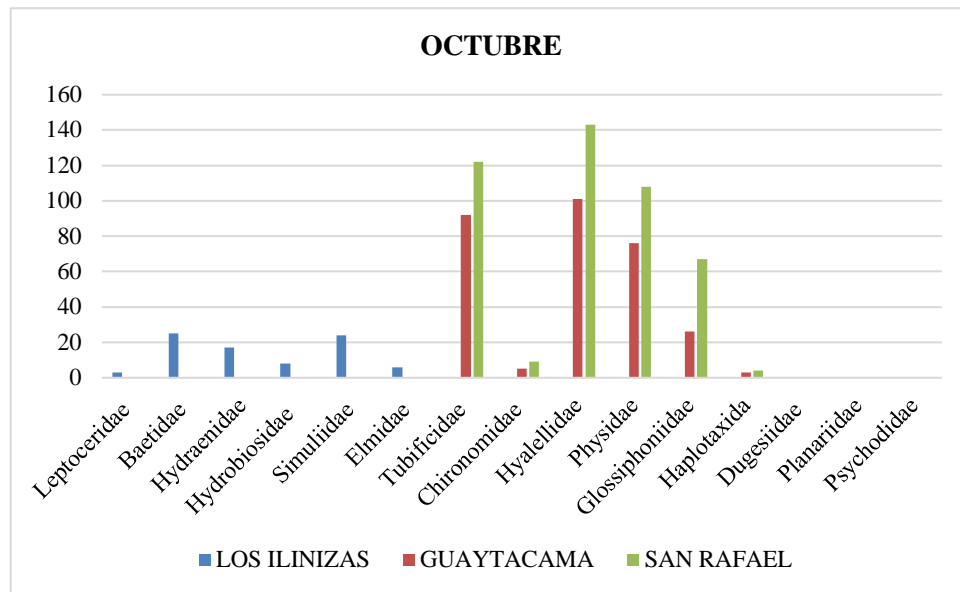
## 9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Tabla 10.** *Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Pumacunchi correspondiente al mes de octubre*

Microcuenca del río Pumacunchi								
Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Los Ilinizas	47	Moderadamente contaminado	35	Regular	29.88 %	Regular	2.28	Biodiversidad normal
Guaytacama	17	Muy contaminado	16	Malo	0%	Malo	2.02	Biodiversidad normal
San Rafael	17	Muy contaminado	16	Malo	0%	Malo	2.11	Biodiversidad normal

**Elaborado por:** Autores.

**Gráfico 1.** Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de octubre.



**Elaborado por:** Autores.

En el mes de Octubre la calidad del agua en el primer punto de muestreo correspondiente a Los Ilinizas de acuerdo al índice BMWP/col con un valor de 47 muestra un resultado de Moderadamente Contaminado ubicado en la escala de color amarillo, el índice ABI con un valor de 35 y EPT con un porcentaje de 29.88% exhiben un resultado de calidad Regular, se evidenció en este punto de estudio la existencia de seis familias correspondientes a la clase Insecta.

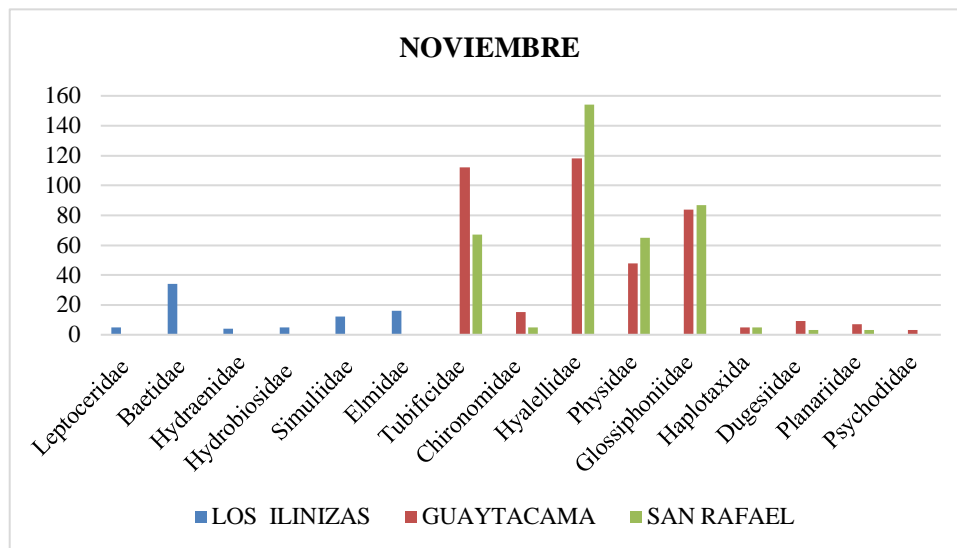
En el segundo punto correspondiente a Guaytacama y tercer punto correspondiente a San Rafael, de acuerdo al índice BMWP/Col con un valor de 17 muestran un resultado de Muy Contaminado ubicado en la escala de color naranja, mientras que los índices ABI con un valor de 16 y EPT con un porcentaje de 0% presentan una calidad de agua Malo, se presenció la existencia de seis familias, tres de ellas correspondientes a la clase Anélida y el restante a las clases: Crustáceo, Molusca e Insecta. El Índice de SHANNON- WEAVER muestra una biodiversidad normal de especies en los tres puntos de estudio.

**Tabla 11.** Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Pumacunchi correspondiente al mes de noviembre

Microcuenca del río Pumacunchi								
Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Los Ilinizas	47	Moderadamente contaminado	32	Malo	33.44 %	Regular	2.05	Biodiversidad normal
Guaytacama	36	Moderadamente contaminado	29	Malo	0%	Malo	2.37	Biodiversidad normal
San Rafael	30	Muy contaminado	26	Malo	0%	Malo	2.14	Biodiversidad normal

**Elaborado por:** Autores.

**Gráfico 2.** Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de noviembre



**Elaborado por:** Autores.

En el mes de noviembre en el punto uno correspondiente a Los Ilinizas de acuerdo al índice BMWP/Col con un valor de 47 y el punto dos correspondiente a Guaytacama con un valor de 36 muestran que ambos puntos presentan una calidad de agua Moderadamente Contaminada representado por la escala de color amarillo, mientras que los índices ABI y EPT presentan una calidad de Malo en Guaytacama y de Regular en Los Ilinizas con un valor de 33.44% correspondiente al índice EPT. Los Ilinizas muestra la presencia de seis familias correspondientes a la clase Insecta mientras que en Guaytacama se presenció a diez familias, en su mayoría correspondiente a la clase Anélida, seguido de las clases Platelminfos, Insecta,



Crustáceo y Molusca, siendo ambas de biodiversidad normal de acuerdo al Índice de SHANNON-WEAVER.

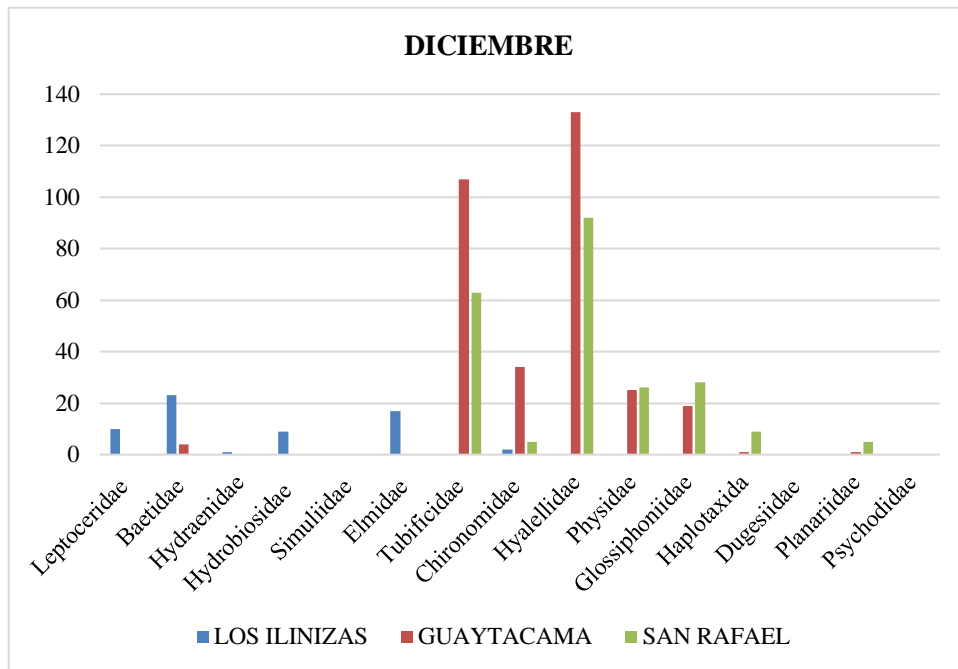
En San Rafael de acuerdo al índice BMWP/col con un valor de 30 exhibe un resultado de Muy Contaminado correspondiente a la escala de color naranja, mientras que los índices ABI con un valor de 26 y EPT con un porcentaje de 0% muestran una calidad de Malo. De acuerdo al índice de SHANNON – WEAVER presenta una biodiversidad normal de especies, donde existen un total de ocho familias correspondientes a las clases: Insecta, Platelmintos, Anélidos, Crustáceo y Gastrópoda.

**Tabla 12.** Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Pumacunchi correspondiente al mes de diciembre

Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Los Ilinizas	41	Moderadamente contaminado	32	Malo	26.04 %	Regular	2.13	Biodiversidad normal
Guaytacama	31	Muy contaminado	25	Malo	12,96 %	Malo	2.05	Biodiversidad normal
San Rafael	24	Muy contaminado	21	Malo	0%	Malo	2.20	Biodiversidad normal

**Elaborado por:** Autores.

**Gráfico 3.** Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de diciembre



**Elaborado por:** Autores.

En el mes de diciembre la calidad del agua en Los Ilinizas con respecto a los índices BMWP/col con un valor de 41, ABI con 32 y EPT con un porcentaje de 26.04% presentan un resultado de Moderadamente Contaminado – Regular, representado en la escala de color amarillo. De acuerdo al índice de SHANNON – WEAVER su biodiversidad es normal y existen un total de siete familias correspondientes a la clase Insecta.

En Guaytacama con un valor de 31 y San Rafael con un valor de 24 de acuerdo al índice BMWP/Col se muestra una calidad de Muy contaminado que es representado por el color naranja, mientras que según el índice ABI con un valor de 25 en Guaytacama y un valor de 21 en San Rafael su calidad se muestra Malo. El Índice EPT en el sector de Guaytacama con un valor de 12.96% pese a la existe de especies del orden Ephemeroptera correspondiente a la familia Baetidae y San Rafael con 0% se encuentran con una calidad de malo. En el sector de Guaytacama existen un total de ocho familias que corresponden a las clases: Anélido, Crustáceo, Insecta, Molusca y Platelminos, mientras que en San Rafael existe un total de siete familias que corresponden a las clases: Anélida, Insecta, Crustáceo, Gastrópoda y Platelminos, ambas poseen una biodiversidad normal de acuerdo al índice de SHANNON-WEAVER.

**Tabla 13.** Comparación de los resultados Físico - Químicos y Microbiológicos

Parámetro Analizado	Unidad	RESULTADO DE ANÁLISIS Río Pumacunchi						TULSMA Uso Agrícola o riego	Criterio de resultados COMPARACIÓN					
		Los Ilinizas		Guaytacama		San Rafael			Los Ilinizas		Guaytacama		San Rafael	
		Sep	Ene	Sep	Ene	Sep	Ene		Sep	Ene	Sep	Ene	Sep	Ene
DBO 5	mg/L	7,74	<6	7,01	<6	10,01	10	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Fosfatos	mg/L	0,78	5,7	0,76	6,5	0,81	10,2	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Nitratos	mg/L	2.88	<1,0	3,53	<1,0	0,98	<1,0	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Oxígeno Disuelto	mg/L	7,4	7,4	6,2	6,2	5,5	5,5	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
pH	Unidad pH	7,2	8,1	7,5	7,8	7,7	8,1	6-9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Solidos Totales	mg/L	429	944	734	856	990	1168	3000.0	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Turbidez	NTU	82.100	86,100	4.100	12,100	11.100	27,100	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Temperatura	°C	12	11	13	14	11	14	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Coliformes Fecales	NMP /100mL	22.0	57,1	110.0	689,3	>2060	>2420	1000	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
<b>ICA NSF</b>		<b>60</b>	<b>59</b>	<b>57</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>REGULAR</b>						

Elaborado por: Autores.

El índice de calidad de agua (ICA) permitió evaluar e informar acerca de la calidad del recurso hídrico del río Pumacunchi, por lo cual en el presente proyecto de investigación se aplicó el modelo de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA-NSF); donde se evaluó 9 parámetros (Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Solidos Disueltos Totales y Coliformes Fecales), los cuales fueron determinados en los monitoreos correspondientes a los tres puntos de estudio (**P1:** Los Ilinizas, **P2:** Guaytacama y **P3:** San Rafael) en los meses de Septiembre 2019 y Enero 2020.

Los resultados correspondientes al análisis Físico- Químicos y Microbiológicos demostró que los tres puntos monitoreados (**P1.** Los Ilinizas, **P2.** Guaytacama y **P3.** San Rafael) del recurso hídrico del río Pumacunchi en el mes de Septiembre 2019 y Enero 2020 se encuentran en un rango de calidad Regular, de acuerdo a la Escala de clasificación del ICA-NSF; los puntajes obtenidos se ubican en la escala de **51 - 70** correspondiente al color amarillo.

**Tabla 14.** Cuadro comparativo de los muestreos realizados en los meses de octubre, noviembre y diciembre

Microcuenca del río Pumacunchi												
Punto de muestreo	MES	Calidad del Agua						Biodiversidad SHANNON - WEAVER		CAUDAL	ABUNDANCIA	N° DE FAMILIAS
		BMWP/col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad					
Los Ilinizas	Oct	47	Moderadamente contaminado	35	Regular	29.88%	Regular	Biodiversidad normal	2.28	0.27	83	6
	Nov	47	Moderadamente contaminado	32	Malo	33.44%	Regular	Biodiversidad normal	2.05	0.11	76	6
	Dic	41	Moderadamente contaminado	32	Malo	26.04%	Regular	Biodiversidad normal	2.13	0.18	62	7
Guaytacama	Oct	17	Muy contaminado	16	Malo	0%	Malo	Biodiversidad normal	2.02	0.71	303	6
	Nov	36	Moderadamente contaminado	29	Malo	0%	Malo	Biodiversidad normal	2.37	0.16	401	9
	Dic	31	Muy contaminado	25	Malo	12.96%	Malo	Biodiversidad normal	2.05	0.36	324	8
San Rafael	Oct	17	Muy contaminado	16	Malo	0%	Malo	Biodiversidad normal	2.11	2.74	453	6
	Nov	30	Muy contaminado	26	Malo	0%	Malo	Biodiversidad normal	2.14	0.53	389	8
	Dic	24	Muy contaminado	21	Malo	0%	Malo	Biodiversidad normal	2.20	1.92	228	7

Elaborado por: Autores.

La calidad de agua conforme a los resultados obtenidos durante los muestreos realizados en los meses de octubre, noviembre y diciembre, donde la presencia y clasificación de macro invertebrados acuáticos de acuerdo a su taxonomía y puntuados según las tablas correspondientes; Índice BMWP/col muestra que el afluente del río Pumacunchi en el punto uno de estudio correspondiente a Los Ilinizas se encuentra Moderadamente Contaminado, mientras que con respecto al Índice ABI el resultado tiende a ser Regular en el mes de octubre, no siendo del mismo modo para los meses de noviembre y diciembre que presentan un resultado de calidad Malo; con respecto al Índice EPT se muestra una calidad Regular en los tres meses, en lo que concierne al Índice de SHANNON – WEAVER se presenta una biodiversidad Normal que va desde 2.28 en el mes de octubre siendo este el valor más alto, seguido del mes de noviembre con 2.05 que representa la biodiversidad más baja y 2.13 en diciembre que se encuentra en un valor intermedio.

La calidad de agua con respecto al punto dos correspondiente al sector de Guaytacama, de acuerdo al Índice BMWP/col se muestra Muy Contaminado en el mes de octubre y diciembre no siendo del mismo modo para el mes de noviembre que presentan una calidad de Moderadamente Contaminado, mientras que en lo que corresponde a los Índices ABI y EPT la calidad representada se ubica en una calidad de Malo para los tres meses, mientras que la biodiversidad es Normal, con valores de 2.02 para el mes de octubre siendo este el más bajo, seguido de 2.37 en el mes de noviembre siendo este el más alto y finalmente en diciembre con 2.05.

En el punto tres correspondiente al sector de San Rafael de acuerdo al Índice BMWP/col realizado en los meses de octubre, noviembre y diciembre muestra que se encuentra Muy Contaminado, de acuerdo a los Índices ABI y EPT su calidad es Malo con respecto a los tres meses, en cuanto a su biodiversidad es Normal con valores que van desde 2.11 correspondiente al mes de octubre, seguido del mes de noviembre con 2.14 y Diciembre con 2.20; sus valores no se encuentran muy dispersados.

Se recolectaron un total de 2.315 macro invertebrados acuáticos, de los cuales, las especies que en su mayoría fueron más comunes y abundantes corresponden a las familias de Hyalellidae, Tubificidae, Glossiphoniidae y Physidae que dentro de los Índices BMWP/col y ABI tienen una puntuación establecida para determinar la calidad de agua, por lo general son especies que toleran y soportar ambientes contaminados, mientras que dentro del Índice EPT las especies más comunes encontradas pertenecen a las familias de Hydrobiosidae y

Leptoceridae, que generalmente son especies sensibles a los diferentes cambios ambientales, por lo tanto son considerados como especies claves para determinar en cierto grado la contaminación del agua.

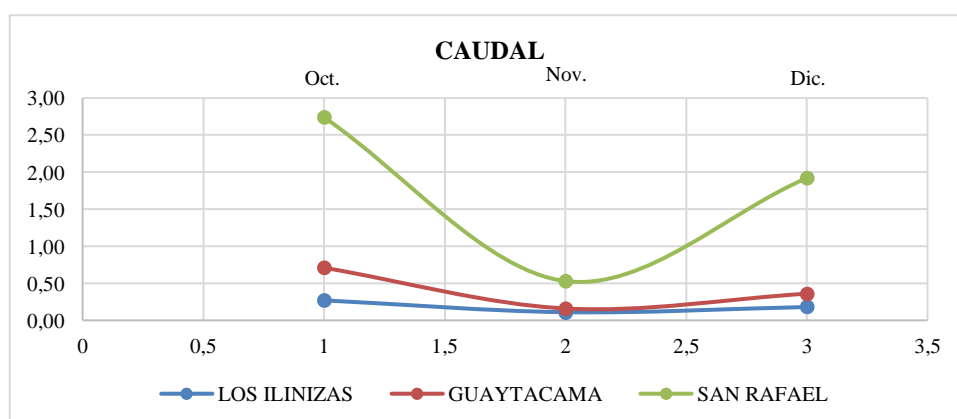
Los resultados de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos, en comparación con la Tabla 6. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola, sobrepasa los Límites Máximos Permisibles en cuanto al parámetro de Coliformes Fecales en el sector de San Rafael en los monitoreos realizados en los meses de septiembre 2019 y enero 2020, mientras que los parámetros restantes se mantienen dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I de la tabla ya mencionada.

## 10 DISCUSIÓN

Se recolectó 2.315 individuos de macro invertebrados acuáticos, de los cuales las especies más sensibles a los cambios ambientales en Los Ilinizas pertenecen a las familias de Hydrobiosidae y Leptoceridae, por lo tanto son considerados como especies claves para determinar una buena calidad del agua, en Guaytacama y San Rafael las familias Hyalellidae, Tubificidae, Glossiphoniidae y Physidae determinaron una calidad de agua muy contaminada, debido a que son especies claves que toleran y soportan ambientes contaminados.

La abundancia de individuos en los meses de estudio como se muestran en los **Gráficos 2, 3 y 4** corresponden a la familia Baetidae en Los Ilinizas, mientras que en Guaytacama y San Rafael los individuos más abundantes pertenecen a las familias Tubificidae e Hyalellidae. Se evidencia la presencia de la familia Baetidae en el mes de Diciembre en el sector de Guaytacama, es importante mencionar que este tipo de familia de acuerdo a su género puede soportar y tolerar situaciones de contaminación orgánica, también pueden vivir en aguas salobres o de ambientes reófilos.

**Gráfico 4.** Caudal correspondiente a los meses de octubre, noviembre y diciembre



**Elaborado por:** Autores.

El caudal más alto se presentó en el mes de octubre, un caudal medio en el mes de diciembre y el más bajo se presentó en el mes de noviembre.

El caudal de  $0.11\text{m}^3$  que se muestra en el **Gráfico 5** y que se presenció en el mes de noviembre en Los Ilinizas influyó en el incremento de familias correspondientes a los órdenes Ephemeroptero, Plecóptero y Trichoptera por lo que el porcentaje de 33.44% fue el más alto en comparación con los meses de octubre y diciembre como se muestra en la **Tabla 5**.

En la **Tabla 5** se muestra el resultado obtenido por el índice BMWP/Col con un valor de 36 en el sector de Guaytacama en el mes de noviembre que exhibe que la calidad se encuentra Moderadamente Contaminada, esto se debe a que el número de familias identificadas se incrementó a causa de que el lugar presentaba un caudal de  $0.16\text{ m}^3$ , siendo este el más bajo en comparación con los meses de octubre y diciembre como se muestra en el **Grafico 5**.

Los resultados de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos, en comparación con el TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I, Tabla 6. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola, sobrepasa los Límites Máximos Permisibles en cuanto al parámetro de Coliformes Fecales en el sector de San Rafael como se muestra en la **Tabla 13**.

La diversidad de macro invertebrados encontrados en el sector de Los Ilinizas presenta relación con su calidad de agua, las familias presentes en este punto de estudio únicamente habitan en aguas que no presentan intervenciones antrópicas de alto nivel por lo tanto pueden vivir en aguas que no muestran altos índices de contaminación, mientras que los sectores de Guaytacama y San Rafael al verse afectados por intervenciones antrópicas muestran aguas muy contaminadas, por lo tanto son recíprocos al presenciar una diversidad de macro invertebrados que toleran este tipo de hábitats.

Las actividades antrópicas influyen en cuanto a la cantidad y tipo de familias muestreadas en cada uno de los puntos de estudio, la presencia de cada una de las familias en los puntos estudiados se encuentran acorde a la calidad de agua que estos presentan.



## 11 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

### 11.1 Sociales

Los resultados han sido parte de un impacto positivo, ya que mediante la investigación se determinó el rango de calidad que posee el mencionado recurso hídrico, para el conocimiento de la ciudadanía que hace uso de su afluente para sistemas de regadío y para las autoridades pertinentes quienes deberán tomar medidas contiguas para permitir su conservación.

### 11.2 Ambientales

El trayecto del afluente del río Pumacunchi, de acuerdo a las visitas in situ que se realizaron durante el periodo de estudio, se pudo constatar que ha sufrido fuertes intervenciones antrópicas en lo que corresponde desde el trayecto del cantón Saquisilí hasta la culminación del efluente, a simple vista el afluente muestra contaminación, ya que ciertos lugares se encuentran alojando cantidades de basura, escombros y sobre todo recepta aguas servidas de las industrias que se encuentran a su paso. La ejecución del presente proyecto de investigación permite dar a conocer a la población y autoridades que el estudio del mencionado afluente se encuentra en un grado de contaminación regular, sin embargo estudios anteriores exhiben ya dichos resultados, lo cual es preocupante, ya que el porcentaje de calidad ha ido disminuyendo de manera alarmante de acuerdo a la actual investigación.

### 11.3 Económicos

En el desarrollo y ejecución del presente proyecto de investigación se invirtió un monto de \$ 862.40 dólares americanos que se encuentra de forma detallada en la **Tabla 12** correspondiente al presupuesto.

## 12 PRESUPUESTO

**Tabla 15.** *Presupuesto para la ejecución del Proyecto*

<b>PRESUPUESTO</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Transporte</b>	4	60.00	240.00
<b>Alimentación</b>	10	5.00	50.00
<b>MATERIALES DE CAMPO</b>			
<b>Libreta de campo</b>	2	2.00	4.00

<b>Esferos</b>	4	0.50	2.00
<b>Cooler</b>	1	7.00	7.00
<b>Envases para muestreo</b>	6 unidades	1.00	6.00
<b>Malla</b>	3 metros	1.50	4.50
<b>Alcohol al 75%</b>	1 litros	3.50	3.50
<b>Etiquetas</b>	6 unidades	0.25	1.50
<b>Flexómetro</b>	1	6.00	6.00
<b>Estacas</b>	12	1.50	18.00
<b>Cernidor de nylon</b>	3	5.00	15.00
<b>Fundas</b>	1 paquete	3.50	3.50
<b>Pinza metálica y punta fina</b>	2	5.00	10.00
<b>Aguja de disección</b>	2	3.00	6.00
<b>Bandeja</b>	2	2.00	4.00
<b>MATERIALES DE LABORATORIO</b>			
<b>Guantes quirúrgicos</b>	6	0.50	3.00
<b>Mandil</b>	2	5.00	10.00
<b>Lupa</b>	2	1.00	2.00
<b>Porta objetos</b>	10	0.60	6.00
<b>Análisis Físico-Químico y Microbiológico.</b>	9 parámetros	265.00	265.00
<b>MATERIALES DE OFICINA</b>			
<b>Copias</b>			20.00
<b>Anillados</b>			10.00
<b>Empastados</b>	1	60.00	60.00
<b>CD</b>	3	5.00	15.00
<b>Flash Memory</b>	1	12.00	12.00
		<b>SUB TOTAL</b>	784.00
		<b>10%</b>	78.40
		<b>IMPREVISTO</b>	
		<b>TOTAL</b>	862.40

**Elaborado por:** Autores

### 13 CONCLUSIONES

- La calidad del agua del río Pumacunchi ha sido afectada y alterada por las diferentes acciones antrópicas que existen a su alrededor, siendo las más comunes las actividades agrícolas, industriales y falta de conciencia ambiental.
- En los tres puntos de estudio se encontraron un total de 2.315 individuos de macro invertebrados distribuidos en 15 familias, en el punto uno (Los Ilinizas) la especie más representativa pertenece a la familia Baetidae que pertenece al orden Ephemeroptero, en los puntos dos y tres (Guaytacama y San Rafael) las especies con mayor número de individuos presentes pertenecen a la familia Tubificidae que corresponde al orden Oligochaeta y la familia Hyalellidae que se encuentra dentro del orden Amphipoda.
- Se evidenció cambios en la calidad del agua por la diversidad de las comunidades de macro invertebrados encontrados en el punto uno con relación a los puntos dos y tres.
- En el punto uno correspondiente a Los Ilinizas, se identificó a las familias Leptoceridae e Hydrobiosidae pertenecientes al orden Trichoptera, estas familias son sensibles a las alteraciones ambientales, por lo que se consideró que este punto se encuentra con menor grado de contaminación.
- En el punto dos y tres correspondientes a los sectores de Guaytacama y San Rafael se registró la presencia de la familia Chironomidae y Tubificidae pertenecientes a los órdenes Dípteros y Oligochaetas respectivamente, los cuales debido a sus amplios rangos de tolerancia hace que sean especies claves en las comunidades de macro invertebrados expuestos en ambientes contaminados.
- Los índices biológicos BMWP/COL, ABI y EPT, muestran una ligera relación con el ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA NSF), la diferencia reside en el punto tres correspondiente al sector de San Rafael donde el análisis biológico (macro invertebrados) da como resultado aguas muy contaminadas, mientras que el Índice de Calidad de agua (ICA NSF) muestra aguas regularmente contaminadas.
- La contaminación hídrica se ha convertido en un problema grave para la provincia de Cotopaxi, ya que afluentes como el del río Pumacunchi se une al río Cutuchi, formando parte de sistemas de riego para la provincia y sectores aledaños, haciendo que la situación se torne más agravante.

## 14 RECOMENDACIONES

- Utilizar las herramientas apropiadas para la recolección de macro invertebrados acuáticos de acuerdo a la morfología del área de estudio, esto permitirá recolectar la mayor cantidad de especies que nos permitan determinar la calidad de agua al aplicar los diversos índices biológicos.
- Aplicar los índices BMWP/COL, ABI y EPT para determinar la calidad de agua de un cuerpo hídrico ya que son metodologías que no necesitan de una cantidad económica elevada y no existe mayor diferencia entre el índice de calidad de agua (ICA).
- Preservar la calidad de agua que se presenta en el sector de Los Ilinizas, considerando que provienen de una área protegida y que su agua es aprovechable.
- Incentivar a la comunidad a participar en acciones para la conservación del recurso hídrico, ya que son ellos quienes deben conocer el impacto que sus acciones tienen sobre la calidad de este recurso y así puedan tomar medidas para disminuir los efectos negativos que pueden venir en un futuro.

## 15 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Rieradevall, M., Ríos, B., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 035-64.
- B. G. M. Jamieson 1988, On The Phylogeny and Higher Classification Of The Oligochaeta Cladistics, Volume4, Issue 4, Dec 1988, Pages 367-401
- Barba, N. M., & Cortez, E. T. (2019). Obtenido de [http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/869/1.%20Informe%20de%20tesis\\_Mishel%20Barba\\_Eliana%20Cortez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/869/1.%20Informe%20de%20tesis_Mishel%20Barba_Eliana%20Cortez.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Barba, R., De la Lanza, G., Contreras, A., & González, I. (2013). Insectos acuáticos indicadores de calidad del agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 381-383.
- Blesa, M. (2011). Indicadores de la calidad del agua: parámetros biológicos, químicos y físicos. Montana: Estados Unidos.
- Bolaños, J., Cordero , G., & Segura , G. (2017). Determinacion de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminacion ocasionadas por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica).
- Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande., Determinación de su calidad de agua. 9.
- García, A. C. (2011). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2057/1/104T0020.pdf>
- Giacometti, J. C. (2019). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 6(2).
- Global Water Institute. (2013). Futura inseguridad del agua: hechos, datos y predicciones. GWI.
- Gómez, J. (2012). Calidad del agua. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Gonzáles, C. (2011). Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Gonzalez , M., & Cobo, F. (2006). Macroinvertebrados de las aguas dulces de Galicia. Francisco Rodriguez Iglesias.

- González Meléndez, V., Caicedo Quintero, O., & Aguirre Ramírez, N. J. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia.
- González, C. (2011). Monitoreo de la Calidad del Agua: La Turbidez. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico.
- Gutiérrez J. B. y García J. M. (2014) «Resumen metodológico: un índice para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales en cuencas hidrográficas (ICA\_sp 2014)». Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (INRH), 14 p., La Habana.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Hodge, T. (2010). Objetos que contienen bicarbonato. Kentucky: University of Kentucky. <http://arturobola.tripod.com/turbi.htm>
- Ladrera, R. (Agosto de 2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de Información Ambiental, 24-29. Recuperado el 28 de Junio de 2018, de Páginas con Firma: file:///C:/Dialnet-LosMacroinvertebradosAcuaticosComoIndicadoresDelEs-4015812.pdf
- Lans, E., Marrugo, J., Díaz, B. (2012). Estudio de la contaminación por pesticidas organoclorados en aguas de la ciénaga grande del valle bajo del río Sinú. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Lecca, E. R., & Lizama, E. R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data* , 17(1), 71-80.
- Mekonnen, M y Hoekstra, A. (2016). Cuatro mil millones de personas enfrentan una grave escasez de agua. *Science Advances*
- Mijahuanca Peña, H. (2014). Aplicación del índice biótico andino (ABI) para evaluar la calidad ambiental de la microcuenca del río rejo en Cajamarca período 2010 al 2012.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2012). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. *Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito*, 45-58.
- Montalvo, J. (2011). Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas. Cayo Coco: Cuba.

- Moposita, A. D. (2015). Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10727/1/TESIS%20ALEXIS%20MOPOSITA.pdf>
- Morelli, E., & Verdi, A. (2014). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1160-1170.
- Moreno, A. (2011). El agua. Calidad y contaminación. México D.F.: México.
- Muñoz-Nava, H., Suárez-Sánchez, J., Vera-Reyes, A., Orozco-Flores, S., Batlle-Sales, J., Ortiz-Zamora, A. D. J., & Mendiola-Argüelles, J. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 27-38.
- Naranjo, J., & López, P. (2013). Biological Monitoring Working Party, un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos. *Ciencias en su PC*, 15-25.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:1998 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras para análisis.
- OEA (Organizacion de Estados Americanos). (2014). Calidad de Agua. EEUU.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018). Guías para la Calidad del Agua de Consumo Humano que incorpora la primera adenda. 4ª Ed. Ginebra. ISBN 978-92-4-354995-8. Recuperado de: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- Palma, A. (2013). Guía para la identificación de invertebrados acuáticos.
- Pastuña, Á. G., & Ramírez, C. S. (2014). Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2725/1/T-UTC-00262.pdf>
- Resh, V. H., 2008. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environ. Monit. Assess.* 138: 131–138.
- Ríos, S., Agudelo, R., & Guitérrez, L. (2017). Patogenos e indicadores microbiologicos de calidad del agua para consumo humano.
- Rizzardo, J. (2012). Importancia del pH en arroyos y lagos. Toledo: Mettler.
- Rodríguez, A. (Agosto, 2013). Parámetros y características de las aguas naturales.
- Roldán, G., (2012). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. Bogota: Imprenta Nacional de Colombia.

- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274.
- Rosero, D., & Fossati, O. (2009). Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta. *Índices Bióticos. AguAndes: GEUA, IRD*.
- Sánchez, A. (2014). Determinación de turbidez.
- SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua). (2012). Consumo de Agua del Ecuador para zonas de riego. Ecuador.
- Sigler, W. A., & Bauder, J. (2017). Alcalinidad, pH y sólidos disueltos totales. Obtenido de <http://region8water.colostate>.
- Sociedad Calificadora de Riesgos Latinoamericanos –SCRLA- (2013). Actualización de la calificación de riesgo a la primera emisión de obligaciones de la compañía PROVEFRUT S.A. Disponible en línea: [www.scrla.fin.ec/Base%20datos/PDF/Mercado%20de%20valores/PROVEFRUTE001-\(2013-09\)-LG.pdf](http://www.scrla.fin.ec/Base%20datos/PDF/Mercado%20de%20valores/PROVEFRUTE001-(2013-09)-LG.pdf).
- Sotelo, R., Amílcar, C., & Alma, R. (2014). Primer registro del género Clunio (Diptera: Chironomidae) asociado a las comunidades coralinas de islas Marietas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- Tenelema, E. E. (2016). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6255/1/236T0240.pdf>
- Terneus, E., Henández, K., & Racines, M. J. (2012). Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza- Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16,31 - 45
- Toledo, M & Mendoza, Benito. (2016). Estudio de la calidad de agua utilizando bio-indicadores, en microcuenca del río Chimborazo (ec).
- UNESCO. (2018). Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo mundial del agua 2018: soluciones basadas en la naturaleza para el agua. UNESCO
- Valcarcel Rojas, L., Alberro Macías, N., & Frías Fonseca, D. (2010). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos.
- Velázquez, M. (2013). Ácidos, Bases, pH y Soluciones Reguladoras. México D.F.: México.



- Vélez, A. P., & Ortega, J. E. (2013). Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4301/1/TESIS.pdf>
- Water Boards. (2013). Recursos para Agricultores – Nitrato en el agua.

## 16 ANEXOS

### ANEXO A. AVAL DE TRADUCCIÓN



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

#### *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que los estudiantes: **CHANGOLUISA CHOLOQUINGA BRYAN ALEXANDER** con C.I: 0504101081-8 y **QUISHPE CHANATASIG ANGELA SAMANTHA** con C.I: 050418137-1, egresados de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales cuyo título versa “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES EN EL RÍO PUMACUNCHI PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,

  
Mg. Diana Karina Taipa V.  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.I: 172008093-4



CENTRO  
DE IDIOMAS

## ANEXO B. CURRICULUM VITAE TUTOR DEL PROYECTO

### 1.- DATOS PERSONALES



**APELLIDOS:** CLAVIJO CEVALLOS  
**NOMBRES:** MANUEL PATRICIO  
**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0501444582  
**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** SALCEDO, 24 DE SEPTIEMBRE DE 1965  
**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** CIUDADELA LAS ACACIAS – FICOA – AMBATO.  
**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 032824577 – 0992050541  
**E-MAIL:** patricio\_clavijo2005@yahoo.com  
[manuel.clavijo@utc.edu.ec](mailto:manuel.clavijo@utc.edu.ec)

### 2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CÓDIGO DE REGISTRO SENESCYT
TERCER	LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y QUÍMICA	3 DE AGOSTO DEL 1992	1010-02-142218
CUARTO	MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR	03 DE JUNIO DEL 2003	1020-03-399385
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA PRACTICA DOCENTE ECUATORIANA	19 DE OCTUBRE DEL 2007	1008-07-668233
CUARTO	MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL	03 DE JUNIO 2017	1020-03-399385

### **3.- EXPERIENCIA LABORAL**

- ❖ Asistente Científico del Área de Plantas Terrestres – Estación Científica Charles Darwin- Galápagos. 1991.
- ❖ Asistente de cátedra de Microbiología y Zoología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Ayudante de Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Técnico de Laboratorio Pedagógico. Instituto Tecnológico “Pelileo”. Enero 1995 – 1999.
- ❖ Gerente del laboratorio de larvas de camarón “CEGAL”. Prov. De El Oro. 1999-2001.
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Desde Abril 2001 hasta la actualidad
- ❖ Coordinador Nacional de Ciencias Experimentales del Proyecto de Nuevo Bachillerato Ecuatoriano – Ministerio de Educación. 2010.

### **4.- CARGOS DESEMPEÑADOS**

- ❖ Gerente de Producción y Comercialización del Grupo Camaronero CEGAL, Prov. Del Oro. Enero 1999 - 2001
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Desde abril 2001 – 2017.
- ❖ Docente del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Abril 2001- 2012.
- ❖ Vicerrector del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Agosto 2003 – 2009.
- ❖ Primer Vocal de Consejo Directivo del Colegio Nacional “HUAMBALO” 2003-2005, 2007-2009.
- ❖ Director de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la UTC desde octubre 2016.

### **5.- PONENCIAS**

- Ponente en las XV Jornadas Nacionales de Biología Guayaquil.
- Ponente en el Seminario Científico Internacional de Medio Ambiente. 2017
- Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Blended Learning en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Matemática de los estudiantes de Primero de Bachillerato de los colegios públicos del Cantón Latacunga, apoyando en la construcción colectiva de un aula virtual.

- Determinación de los contaminantes productos de la combustión del parque automotor de Latacunga.
- Evaluación del gen 18s, como marcador genético para la identificación molecular de diatomeas epiliticas.
- Evaluación de la variabilidad en la calidad del agua mediante bioindicadores del río Calope, la Mana.
- Panelista sobre manejo de ecosistemas y biodiversidad.
- Determinación de los contaminantes en fuentes fijas en las empresas embutidos don Jorge y productos lácteos san Enrique, provincia de Cotopaxi, Ecuador.

## **6.- SEMINARIOS DICTADOS**

- Expositor en el Seminario de Diseño de Tesis – Cotopaxi - 2005
- Expositor en Curso Teórico – Práctico de Educación para la Salud - Tungurahua - Huambalo febrero 2009.
- Expositor en el Tercer Foro Ambiental sobre la Influencia de Virus AH1N1 y su relación con el Medio Ambiente – U.T.C. – Latacunga junio 2009.
- Expositor en el Seminario de “Diseño de Tesis”. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cotopaxi.- UTC. Latacunga septiembre 2005.
- Facilitador en el Taller sobre el Nuevo Bachillerato Unificado Ecuatoriano, Universidad Nacional de Loja. Loja 2011.
- Seminario de Actualización de conocimientos F-CAREN 18\_18 y 18\_19.

## **7.- PROYECTOS REALIZADOS**

- Bioanálisis, aislamiento e identificación de Micorrizas Arbusculares (MA) en el sistema radicular en Rosas de exportación en Blooming Rose Farm, Salcedo Cotopaxi.
- Diseño de un Proyecto Pedagógico Ambiental y su aplicación en la Escuela de Educación Básica Juan Abel Echeverría de la Parroquia San Buenaventura, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.
- Tratamiento de Aguas residuales procedentes del camal municipal de Francisco de Orellana, provincia de Orellana mediante la utilización de Humedales Artificiales.
- Diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el Centro de Experimentación y Producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).

- Utilización de tres tipos de bioles a tres concentraciones en el cultivo de *Pisum sativum* en Planchaloma, Toacaso, Latacunga.
- Diseño de una Plan de Manejo de desechos de la Base Aérea FAE de la ciudad de Latacunga. 2012.
- Elaboración de biocombustibles a partir del Agave americana, con tres tipos de fermentos a dos temperaturas. 2013.
- Desarrollo de un biofiltro a partir de la cáscara de plátano en la empresa Waterfood en la provincia de Orellana. 2014
- Análisis de cultivo de patatas con lixiviados del relleno sanitario del cantón Salcedo. 2015
- Aislamiento de bacterias remediadoras en aguas residuales, cantón Pujili. 2015.
- Aislamiento de bacterias sulforremediadoras en tuberías petroleras. 2015
- Estudio biológico del Parque Nacional Llanganates, sector Provincia de Cotopaxi, 2016
- Estudio biótico en el Rio Ambi, 2016
- Estudio Biótico del Relleno Sanitario en el Cantón Salcedo. Salcedo mayo 2008.
- Determinación de la calidad del agua del río Cutuchi por medio de bioindicadores. 2018
- Determinación de los niveles de eutrofización del agua del río Cutuchi. 2018
- Determinación de diatomeas epilíticas en el río Cutuchi. 2018
- Director y Asesor de Tesis de la F. CAREN. UTC, a nivel de Pregrado y Posgrado

## 8.- ARTÍCULOS

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga septiembre 1998.
- LA SINERGIA INSTITUCIONAL - Revista ALMA MATER N° 4 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga junio 1999.
- DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES MEDIANTE LA OPACIDAD, PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN POR FUENTES MÓVILES A DIÉSEL EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI.
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES CO Y HC, EN FUENTES MÓVILES A GASOLINA EN EL CANTÓN LA MANA, PROVINCIA DE COTOPAXI.

- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> Y SO<sub>2</sub> EN FUENTES FIJAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.
- Compilaciones Teóricas y Prácticas sobre: QUÍMICA GENERAL, QUÍMICA ORGÁNICA, BIOQUÍMICA, QUÍMICA ANALÍTICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA, GENÉTICA, ÁREAS NATURALES DEL ECUADOR, BIOTECNOLOGÍA.

## ANEXO C. CURRICULUM VITAE EQUIPO INVESTIGADOR

### DATOS PERSONALES



**APELLIDOS:** CHANGOLUISA CHOLOQUINGA  
**NOMBRES:** BRYAN ALEXANDER  
**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0504110818  
**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** SAQUISILI, 09 DE MARZO DE 1997  
**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** ZUMBALICA NORTE – ELOY ALFARO – LATACUNGA  
**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 0995841392  
**E-MAIL:** [bryan.changoluisa0818@utc.edu.ec](mailto:bryan.changoluisa0818@utc.edu.ec)

### ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	ESCUELA FISCAL MIXTA “JORGE ICAZA CORONEL”
SECUNDARIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COLEGIO NACIONAL “POALO”</li> <li>• COLEGIO DE BACHILLERATO PRIMERO DE ABRIL</li> </ul>
TERCER NIVEL	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### CERTIFICADOS OBTENIDOS

- SERVICIO A LA COMUNIDAD EN LA PARROQUIA RURAL MULALÓ
- CURSO DE TALLER DE MANEJO DE INSTRUMENTACION AMBIENTAL
- FORO DE RECURSOS HIDRICOS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI
- CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
- CAPACITACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL

## DATOS PERSONALES



**APELLIDOS:** QUISHPE CHANATASIG  
**NOMBRES:** ANGELA SAMANTHA  
**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 0504181371  
**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** POALÓ, 25 DE ABRIL DE 1994  
**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** LAIGUA SANTO DOMINGO “COLAISA”– SAN BUENAVENTURA – LATACUNGA  
**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 0995246065  
**E-MAIL:** [angela.quishpe1371@utc.edu.ec](mailto:angela.quishpe1371@utc.edu.ec)

## ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	ESCUELA FISCAL MIXTA “GARCÍA MORENO”
SECUNDARIA	INSTITUTO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO “SIMÓN RODRIGUEZ”
TERCER NIVEL	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CAMPUS SALACHE

## CERTIFICADOS OBTENIDOS

- SERVICIO A LA COMUNIDAD EN LA PARROQUIA RURAL MULALÓ
- FORO DE RECURSOS HIDRICOS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI
- SEMINARIO DE CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL
- CURSO DE TALLER DE MANEJO DE INSTRUMENTACION AMBIENTAL
- CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



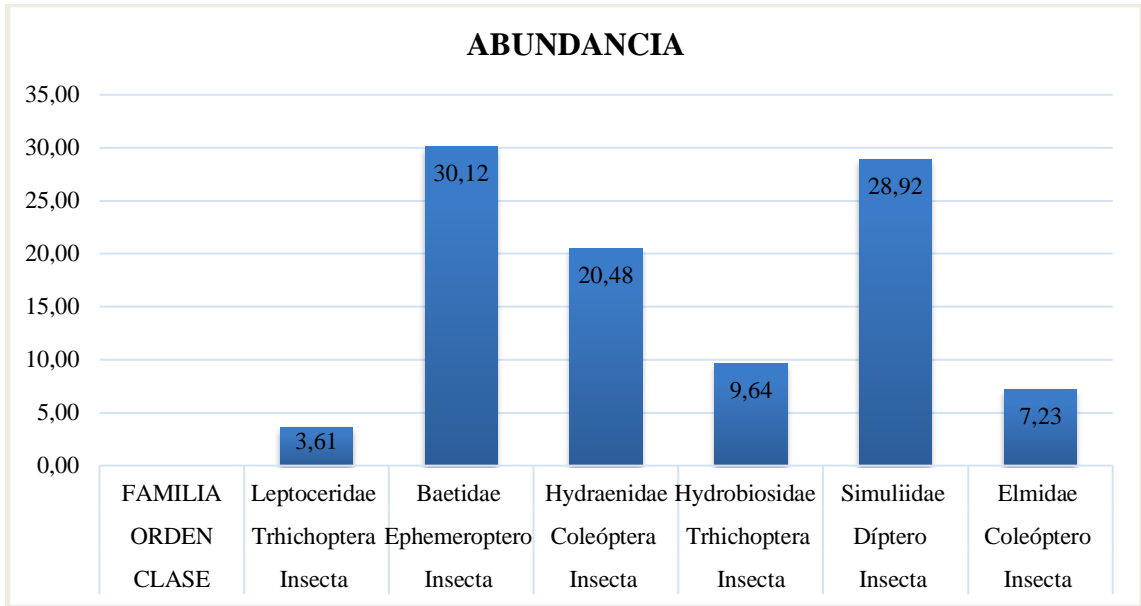
**ANEXO D. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE OCTUBRE, NOVIEMBRE Y DICIEMBRE.**

**Tabla 16. Número de especies encontradas en el mes de octubre en Los Ilinizas**

OCTUBRE												
INFORMACION GENERAL												
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>		27/10/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>		08:00 -14:00		<b>TEMPERATURA :</b>		18 °C		
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>		28/10/2019		<b>CAUDAL:</b>		0.27 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>		Changoluisa Bryan, Quishpe Angela		
<b>COORDENADAS:</b>		X		751925		Y		9919148		<b>ALTITUD</b>	3523 m.s.n.m.	<b>LOS ILINIZAS</b>
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	INDICES							
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER				
1.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	3	8	8	3	2.28				
2.-	Insecta	Ephemeroptero	Baetidae	25	7	4	25					
3.-	Insecta	Coleóptera	Hydraenidae	17	9	5	-					
4.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	8	9	8	8					
5.-	Insecta	Díptero	Simuliidae	24	8	5	-					
6.-	Insecta	Coleóptero	Elmidae	6	6	5	-					
<b>TOTAL</b>				<b>83</b>	<b>47</b>	<b>35</b>	<b>36</b>					
<b>RESULTADOS:</b>			<b>MODERADAMENTE CONTAMINADO</b>			<b>REGULAR</b>	<b>29.88%</b>					

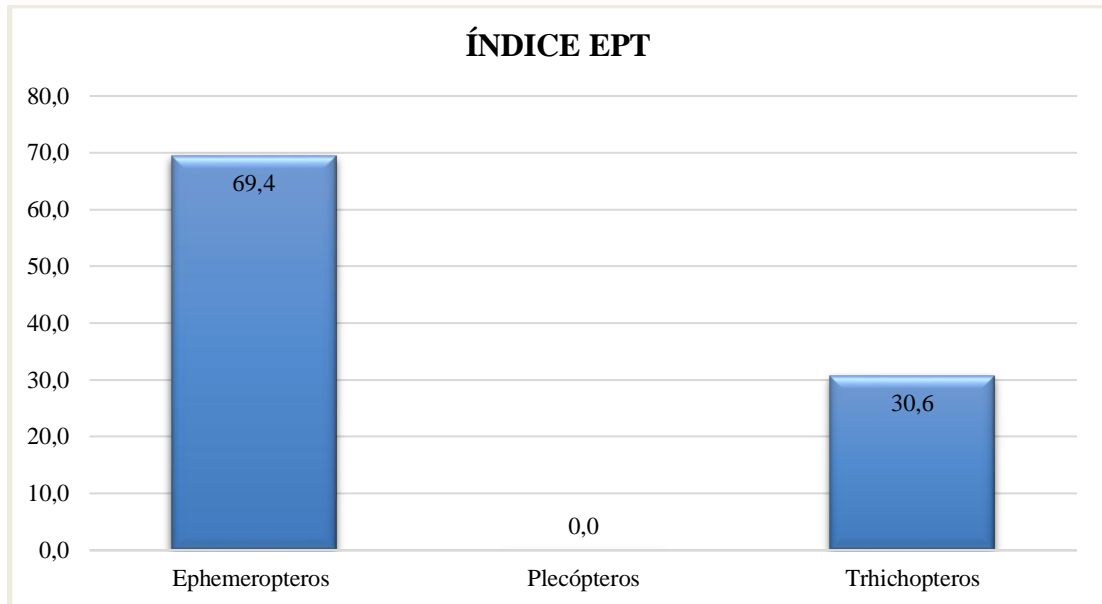
**Elaborado por:** Autores.

**Gráfico 5.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Los Ilinizas.



**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 6.** Porcentaje del Índice EPT.



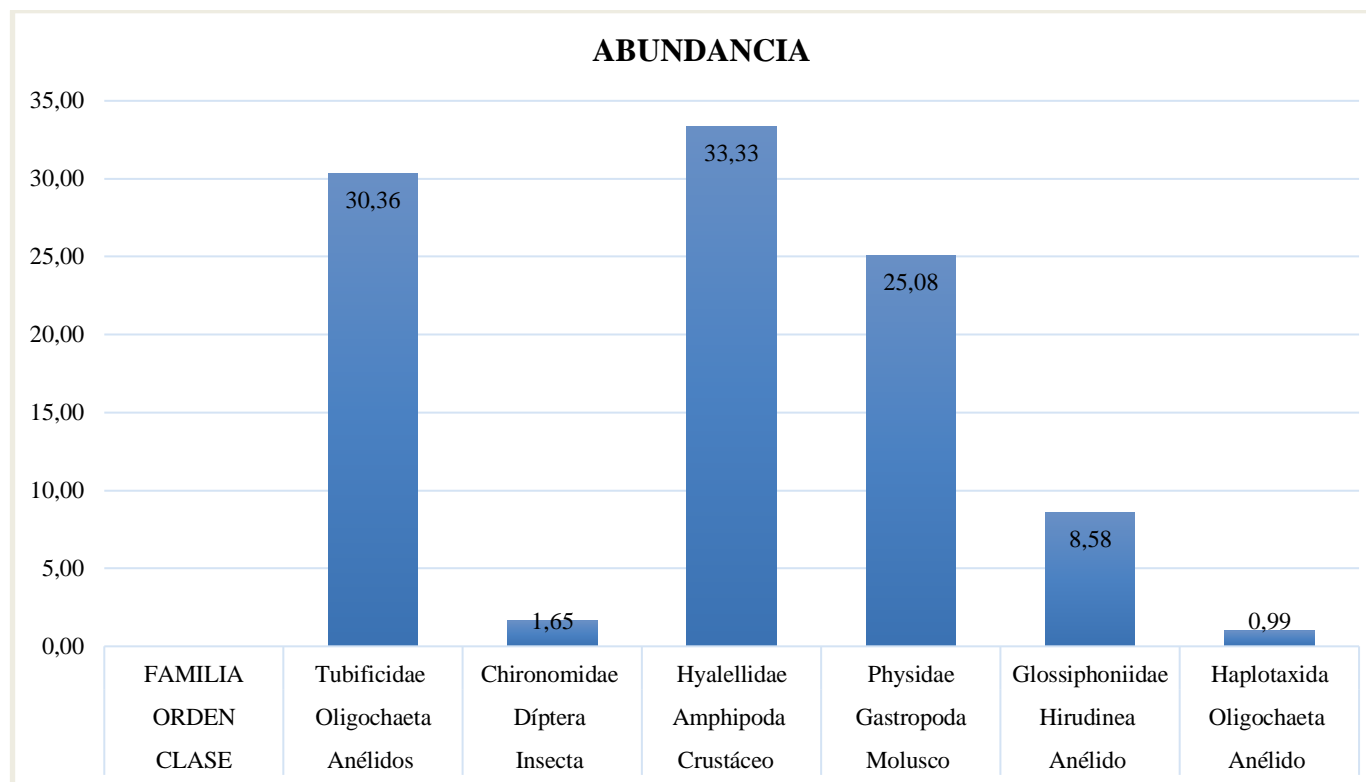
**Elaborado por:** Autores

**Tabla 17.** Número de especies encontradas en el mes de octubre en Guaytacama

OCTUBRE										
INFORMACION GENERAL										
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>		27/10/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>		08:00 - 14:00		<b>TEMPERATURA:</b>		17 °C
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>		28/10/2019		<b>CAUDAL:</b>		0.71 m <sup>3</sup> /s		<b>RESPONSABLES:</b>		Changoluisa Bryan Quishpe Angela
<b>COORDENADAS:</b>		<b>X</b>		762587		<b>Y</b>		9906478		<b>Altitud:</b> 2902 m.s.n.m. <b>GUAYTACAMA</b>
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	INDICE					
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	92	1	1	-	2.02		
2.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	5	2	2	-			
3.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyalellidae	101	7	6	-			
4.-	Molusco	Gastropoda	Physidae	76	3	3	-			
5.-	Anélido	Hirudinea	Glossiphoniidae	26	3	3	-			
6.-	Anélido	Oligochaeta	Haplotaxida	3	1	1	-			
<b>TOTAL</b>				<b>303</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>-</b>			
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MUY CONTAMINADO</b>		<b>MALO</b>	0%			

Elaborado por: Autores.

**Gráfico 7.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Guaytacama.



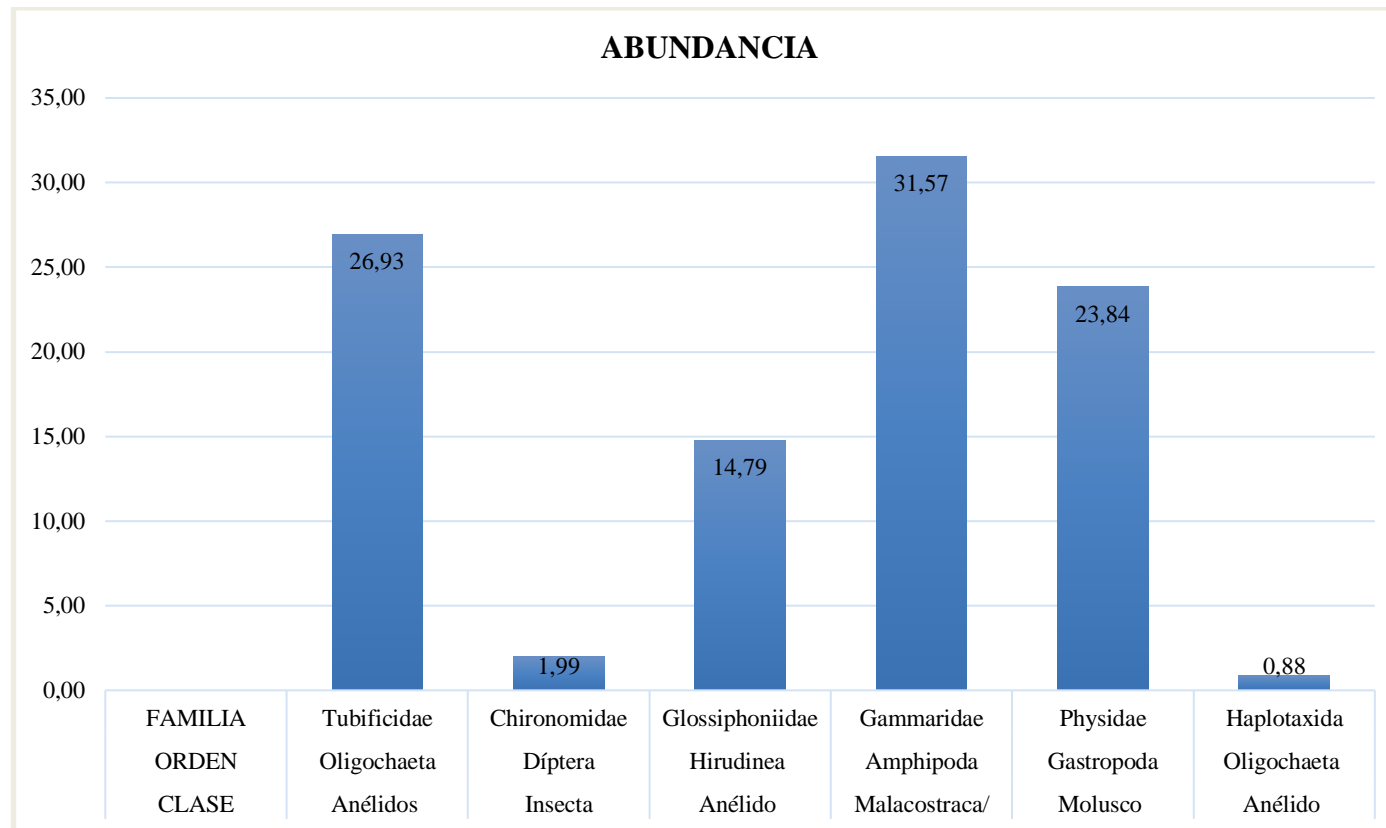
**Elaborado por:** Autores

**Tabla 18.** Número de especies encontradas en el mes de octubre en San Rafael

OCTUBRE										
INFORMACIÓN GENERAL										
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>		27/10/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>		08:00 – 14:00		<b>TEMPERATURA:</b>		15 °C
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>		28/10/2019		<b>CAUDAL:</b>		2.74 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>		Changoluisa Bryan Quishpe Angela
<b>COORDENADAS:</b>		X		764641		Y		9895988		<b>Altitud:</b> 2773 m.s.n.m. <b>SAN RAFAEL</b>
TAXONOMIA				ABUNDANCIA	ÍNDICE					
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMW/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	122	1	1	-	2.11		
2.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	9	2	2	-			
3.-	Anélido	Hirudinea	Glossiphoniidae	67	3	3	-			
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyalellidae	143	7	6	-			
5.-	Molusco	Gastropoda	Physidae	108	3	3	-			
6.-	Anélido	Oligochaeta	Haplotaxida	4	1	1	-			
<b>TOTAL</b>				<b>453</b>	<b>17</b>	<b>16</b>				
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MUY CONTAMINADO</b>		<b>MALO</b>	0%			

Elaborado por: Autores.

**Gráfico 8.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en San Rafael.



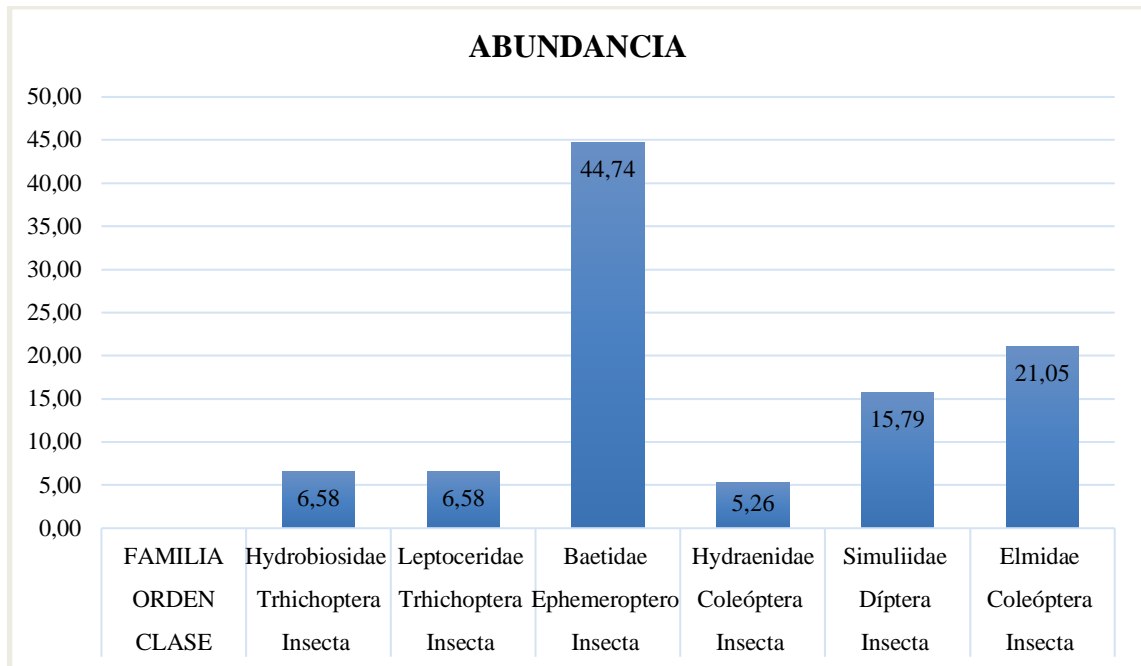
**Elaborado por:** Autores

**Tabla 19.** *Número de especies encontradas en el mes de noviembre en Los Ilinizas*

NOVIEMBRE												
INFORMACIÓN GENERAL												
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>		28/11/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>		08:00 – 14:00		<b>TEMPERATURA:</b>		13 °C		
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>		29/11/2019		<b>CAUDAL</b>		0.11 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>		Changoluisa Bryan Quishpe Angela		
<b>COORDENADAS:</b>		X		751925		Y		9919148		Altitud	3523 m.s.n.m.	LOS ILINIZAS
TAXONOMIA				ABUNDANCIA		INDICE						
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA			BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON- WEAVER			
1.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	5		9	5	5	2.05			
2.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	5		8	8	5				
3.-	Insecta	Ephemeroptero	Baetidae	34		7	4	34				
4.-	Insecta	Coleóptera	Hydraenidae	4		9	5	-				
5.-	Insecta	Díptera	Simuliidae	12		8	5	-				
6.-	Insecta	Coleóptera	Elmidae	16		6	5	-				
<b>TOTAL</b>				<b>76</b>		<b>47</b>	<b>32</b>	<b>44</b>				
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MODERADAMENTE CONTAMINADO</b>			<b>MALO</b>	<b>33.44%</b>				

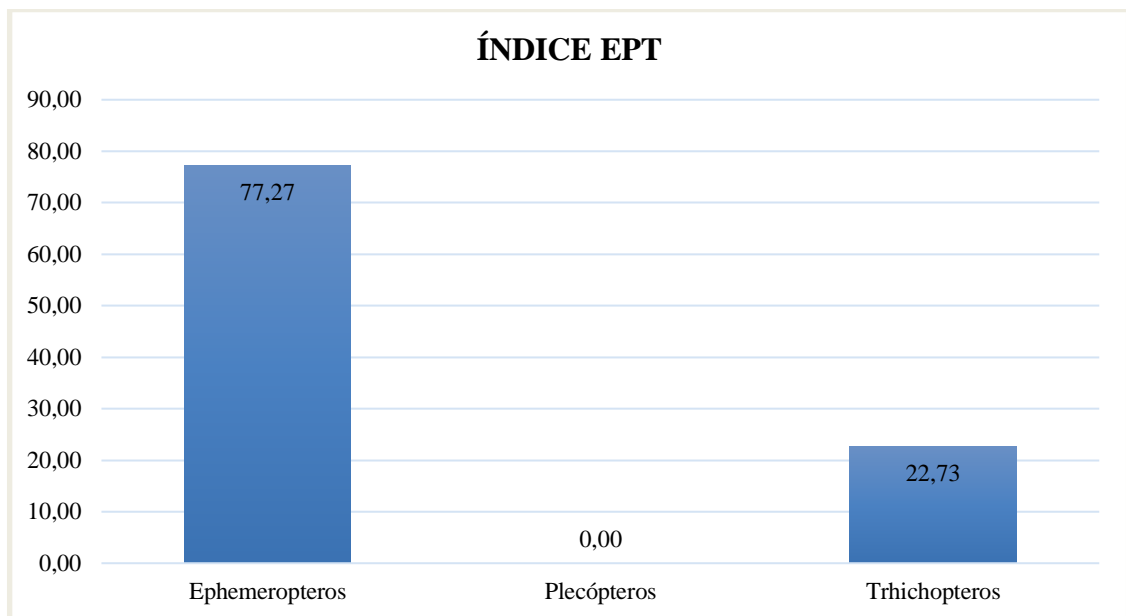
Elaborado por: Autores.

**Gráfico 9.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Los Ilinizas.



**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 10.** Porcentaje del Índice EPT.



**Elaborado por:** Autores

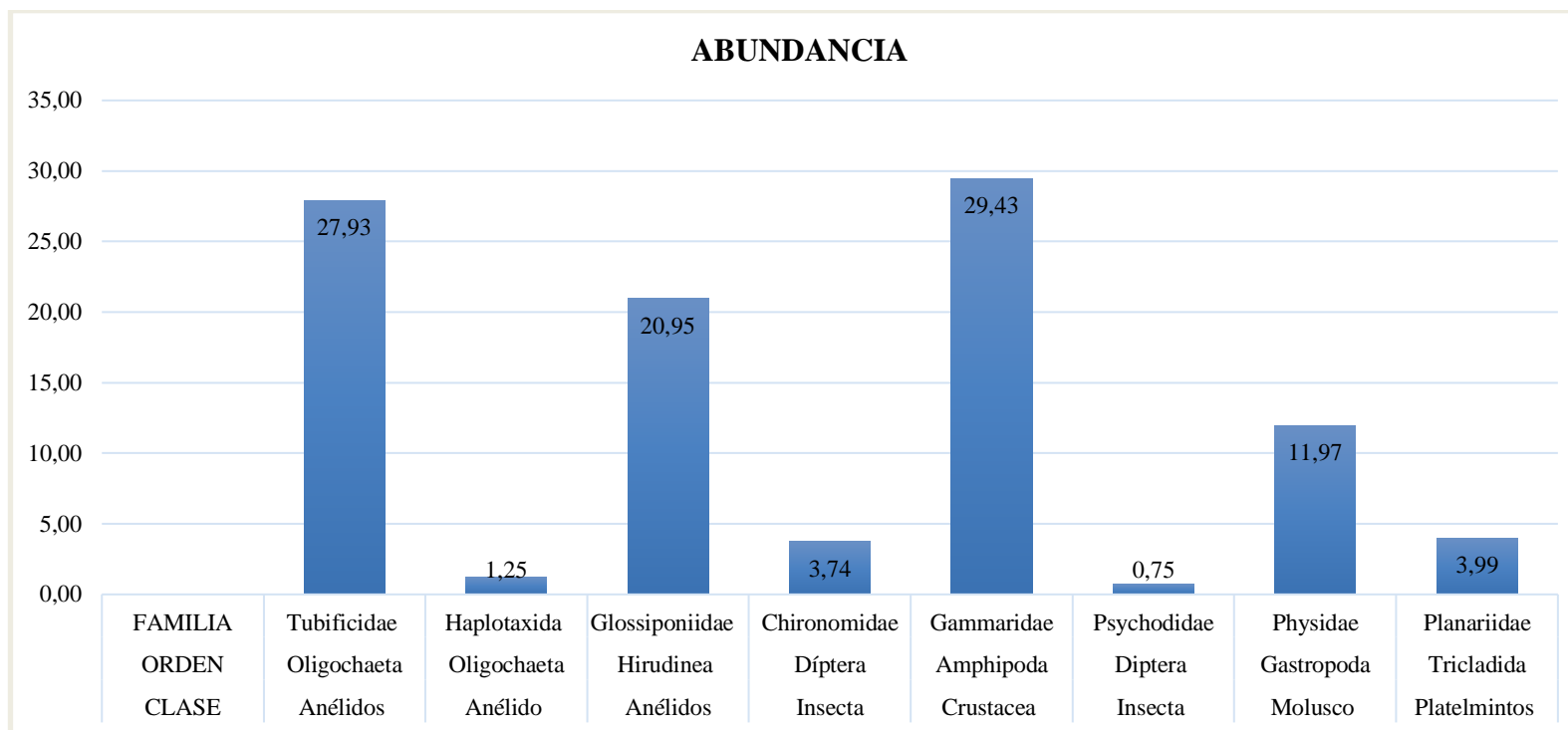


**Tabla 20.** Número de especies encontradas en el mes de noviembre en Guaytacama

NOVIEMBRE												
INFORMACIÓN GENERAL												
FECHA DE RECOLECCIÓN:		28/11/2019		HORA DE RECOLECCIÓN:		08:00 – 14:00		TEMPERATURA:		12 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		29/11/2019		CAUDAL		0.16 m³/s		RESPONSABLES:		Changoluisa Bryan Quishpe Angela		
COORDENADAS:		X		762587		Y		9906478		Altitud	2902 m.s.n.m.	GUAYTACAMA
TAXONOMIA				ABUNDANCIA		INDICE						
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA			BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON- WEAVER			
1.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	112		1	1	-	2.37			
2.-	Anélido	Oligochaeta	Haplotaxida	5		1	1	-				
3.-	Anélidos	Hirudinea	Glossiphoniidae	84		3	3	-				
4.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	15		2	2	-				
5.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyaellidae	118		7	6	-				
7.-	Insecta	Diptera	Psychodidae	3		7	3	-				
8.-	Molusco	Gastropoda	Physidae	48		3	3	-				
9.-	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	7		7	5	-				
10.-	Platelmintos	Tricladida	Dugesiidae	9		6	5	-				
<b>TOTAL</b>				<b>401</b>		<b>36</b>	<b>29</b>	<b>-</b>				
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MODERADAMENTE CONTAMINADO</b>			<b>MALO</b>	0%				

Elaborado por: Autores.

**Gráfico 11.** % de Abundancia de macro invertebrados existentes en el Guaytacama.



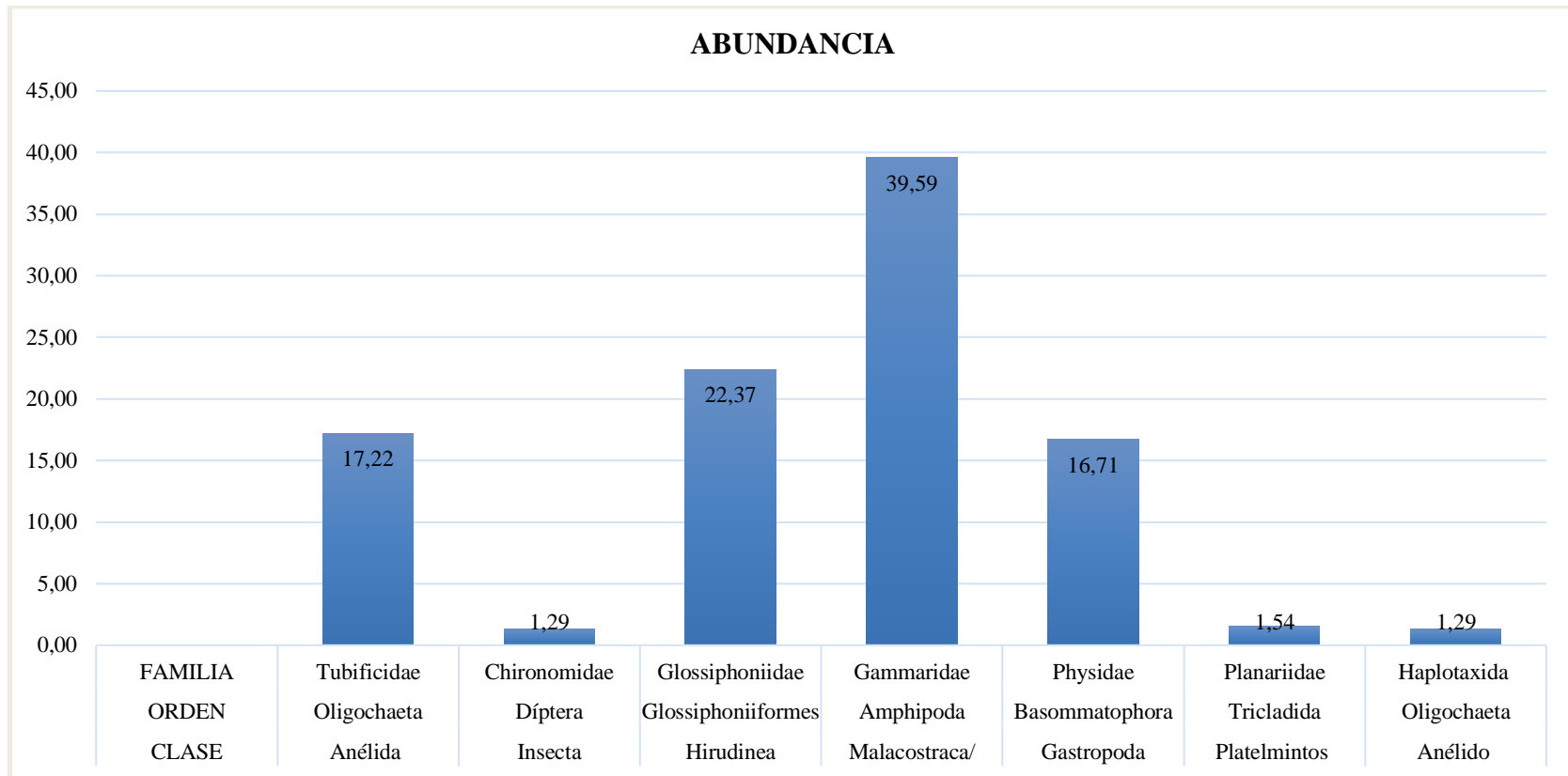
**Elaborado por:** Autores

**Tabla 21.** Número de especies encontradas en el mes de noviembre en San Rafael

NOVIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	28/11/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	08:00 - 14:00		<b>TENPERATURA:</b>	11 °C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	29/11/2019		<b>CAUDAL</b>	0.53 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Changoluisa Bryan Quishpe Angela	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	764641	<b>Y</b>	9895988	<b>Altitud</b>	2773 m.s.n.m.	<b>SAN RAFAEL</b>	
TAXONOMIA				ABUNDANCIA	INDICE			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMW/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Anélida	Oligochaeta	Tubificidae	67	1	1	-	2.14
2.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	5	2	2	-	
3.-	Anélidos	Hirudinea	Glossiphoniidae	87	3	3	-	
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyaellidae	154	7	6	-	
5.-	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	65	3	3	-	
6.-	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	3	7	5	-	
7.-	Platelmintos	Tricladida	Dugesidae	3	6	5	-	
8.-	Anélido	Oligochaeta	Haplotaxida	5	1	1	-	
<b>TOTAL</b>				<b>389</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MUY CONTAMINADO</b>		<b>MALO</b>	0%	

Elaborado por: Autores.

**Gráfico 12.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en el San Rafael.



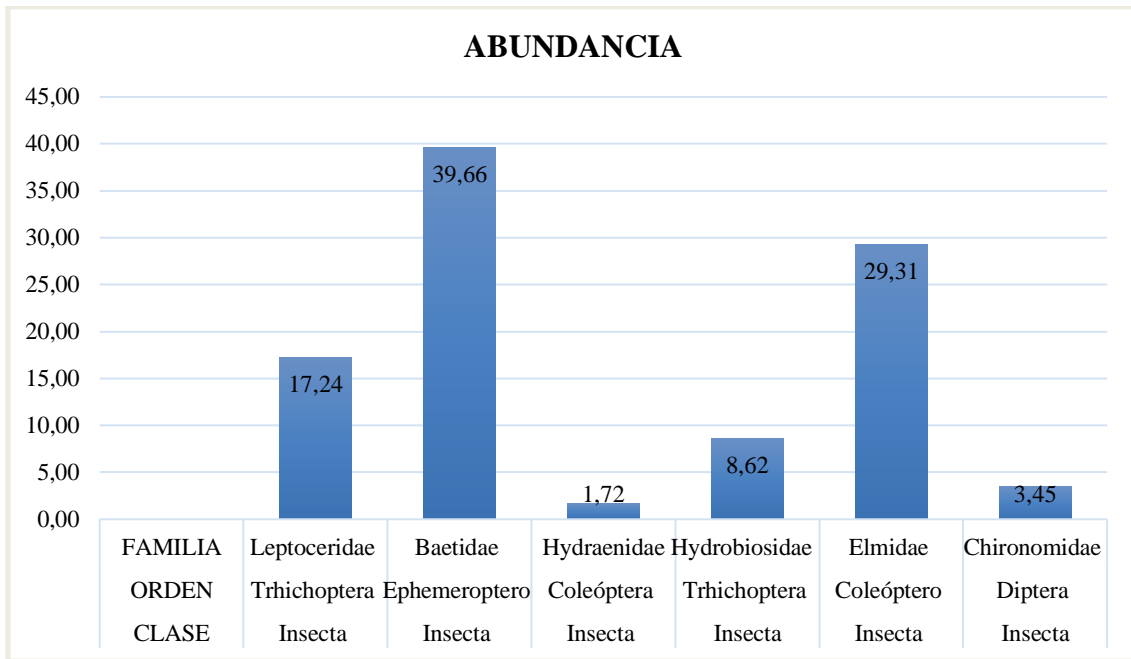
**Elaborado por:** Autores

**Tabla 22.** Número de especies encontradas en el mes de diciembre en Los Ilinizas

DICIEMBRE													
INFORMACIÓN GENERAL													
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>		16/12/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>		08:00 – 14:00		<b>TEMPERATURA:</b>		14 °C			
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>		17/12/2019		<b>CAUDAL:</b>		0.18 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>		Changoluisa Bryan Quishpe Angela			
<b>COORDENADAS:</b>		<b>X</b>		751925		<b>Y</b>		9919148		<b>Altitud</b>	3523 m.s.n.m.	<b>LOS ILINIZAS</b>	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICES							
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA			BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON- WEAVER				
1.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	10		8	8	10	2.13				
2.-	Insecta	Ephemeroptero	Baetidae	23		7	4	23					
3.-	Insecta	Coleóptera	Hydraenidae	1		9	5	-					
4.-	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	9		9	8	9					
6.-	Insecta	Coleóptero	Elmidae	17		6	5	-					
7.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	2		2	2	-					
<b>TOTAL</b>				<b>62</b>		<b>41</b>	<b>32</b>	<b>42</b>					
<b>RESULTADOS:</b>			<b>MODERADAMENTE CONTAMINADO</b>				<b>MALO</b>	<b>26.04%</b>					

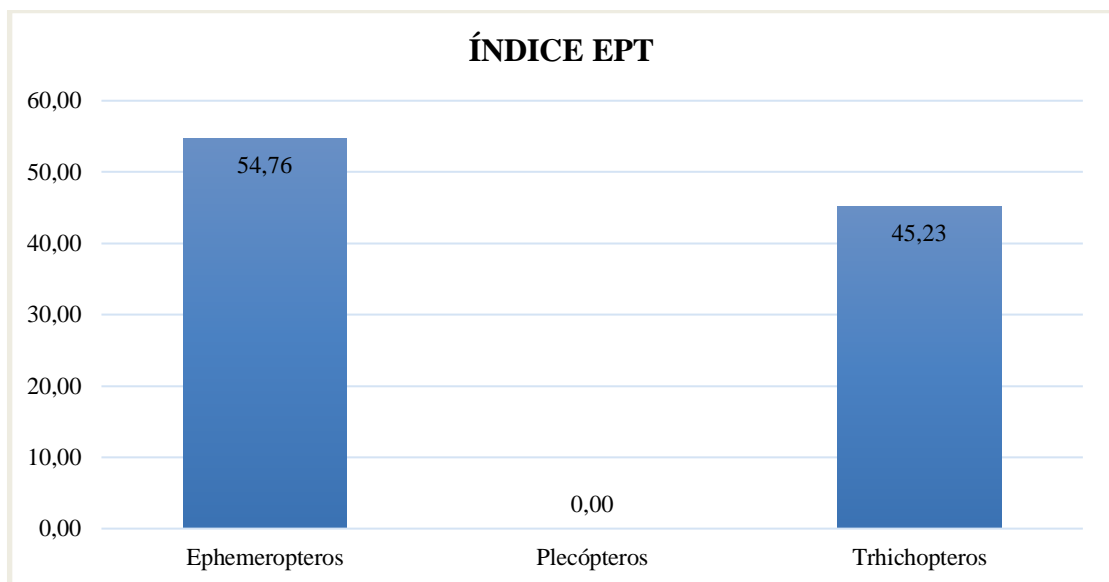
Elaborado por: Autores.

**Gráfico 13.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Los Ilinizas.



**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 14.** Porcentaje del Índice EPT.



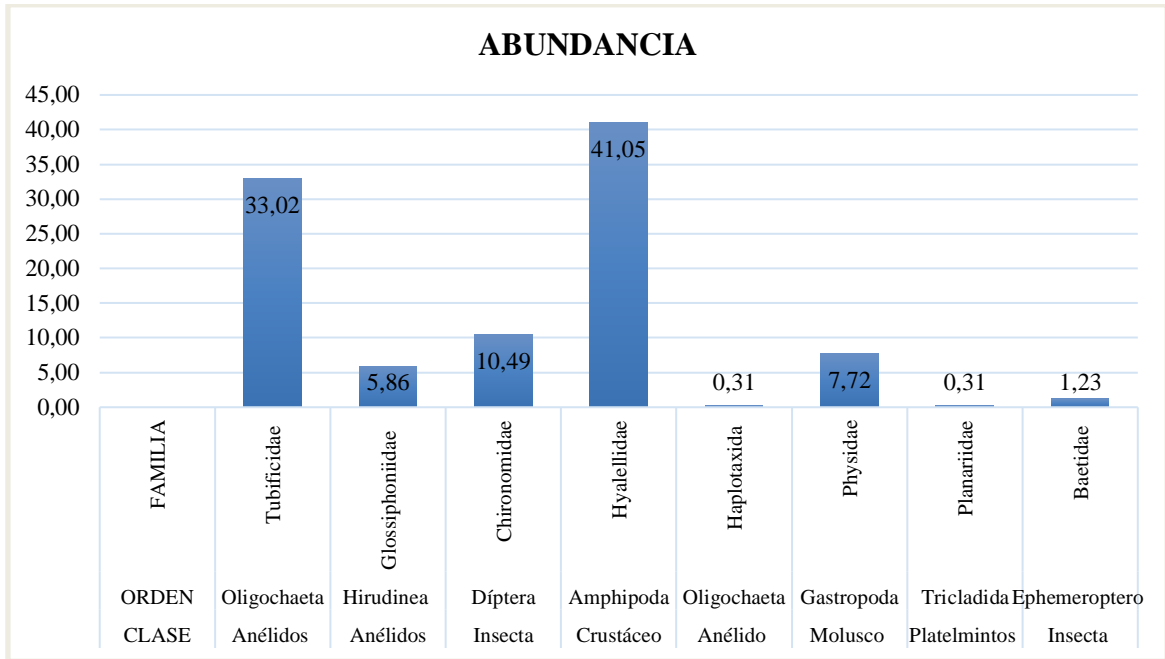
**Elaborado por:** Autores

**Tabla 23.** Número de especies encontradas en el mes de diciembre en Guaytacama

<b>DICIEMBRE</b>												
<b>INFORMACION GENERAL</b>												
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>		16/12/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>		08:00 – 14:00		<b>TEMPERATURA:</b>		14 °C		
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>		17/12/2019		<b>CAUDAL:</b>		0.36 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>		Changoluisa Bryan Quishpe Angela		
<b>COORDENADAS:</b>		<b>X</b>		762587		<b>Y</b>		9906478		<b>Altitud</b>	2902 m.s.n.m.	<b>GUAYTACAMA</b>
<b>TAXONOMIA</b>				<b>ABUNDANCIA</b>		<b>INDICE</b>						
<b>N°</b>	<b>CLASE</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>			<b>BMWP/col</b>	<b>ABI</b>	<b>EPT</b>	<b>SHANNON- WEAVER</b>			
1.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	107		1	1	-	2.05			
2.-	Anélidos	Hirudinea	Glossiphoniidae	19		3	3	-				
3.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	34		2	2	-				
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyalellidae	133		7	6	-				
5.-	Anélido	Oligochaeta	Haplotaxida	1		1	1	-				
6.-	Molusco	Gastropoda	Physidae	25		3	3	-				
7.-	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	1		7	5	-				
8.-	Insecta	Ephemeroptero	Baetidae	4		7	4	4				
<b>TOTAL</b>				<b>324</b>		<b>31</b>	<b>25</b>	<b>4</b>				
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MUY CONTAMINADO</b>			<b>MALO</b>	<b>12.96%</b>				

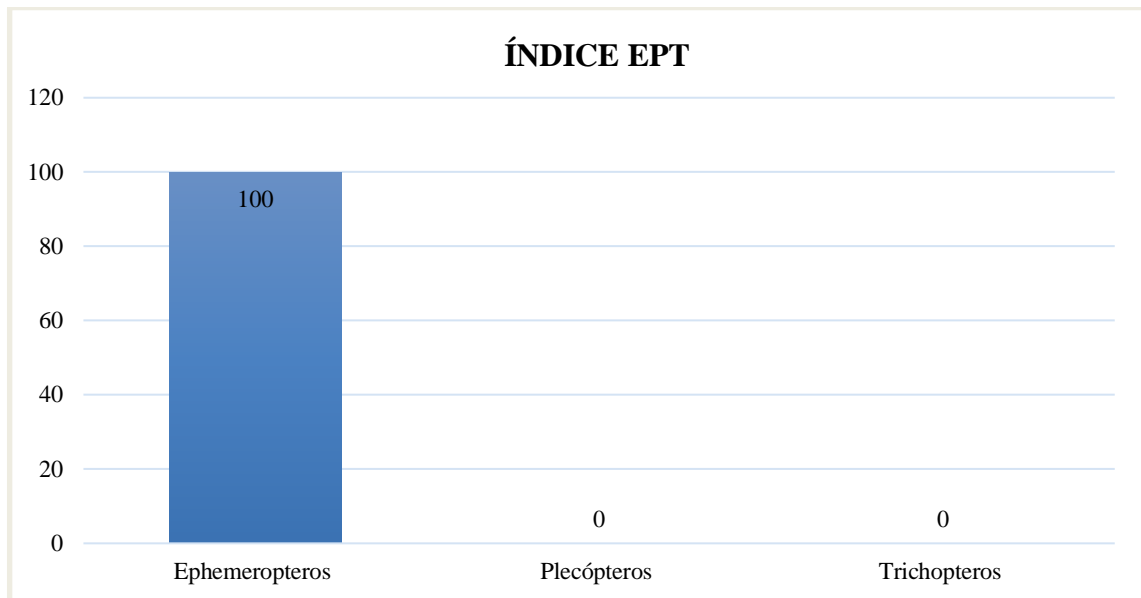
Elaborado por: Autores.

**Gráfico 15.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en Guaytacama.



**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 16.** Porcentaje del Índice EPT.



**Elaborado por:** Autores

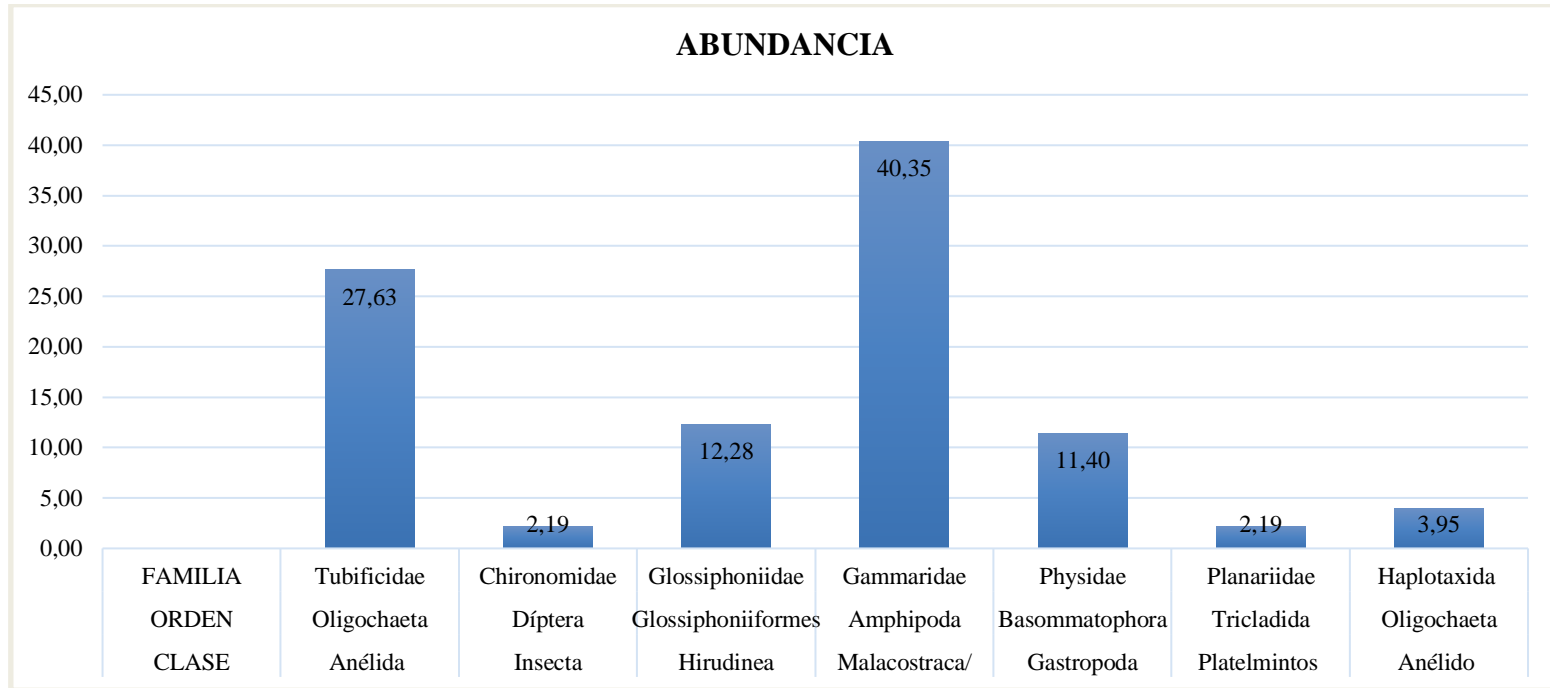


**Tabla 24.** Número de especies encontradas en el mes de diciembre en San Rafael

DICIEMBRE									
INFORMACIÓN GENERAL									
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>		16/12/2019		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>		08:00 – 14:00		<b>TEMPERATURA:</b>	14 °C
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>		17/12/2019		<b>CAUDAL.</b>		1.92 m <sup>3</sup> /s		<b>RESPONSABLES:</b>	Changoluisa Bryan Quishpe Angela
<b>COORDENADAS:</b>		<b>X</b>	764641	<b>Y</b>	9895988	<b>Altitud</b>	2773 m.s.n.m.	<b>SAN RAFAEL</b>	
TAXONOMIA				ABUNDANCIA	INDICE				
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMW/col	ABI	EPT	SHANNON- WEAVER	
1.-	Anélida	Oligochaeta	Tubificidae	63	1	1	-	2.20	
2.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	5	2	2	-		
3.-	Hirudinea	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	28	3	3	-		
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyaellidae	92	7	6	-		
5.-	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	26	3	3	-		
6.-	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	5	7	5	-		
7.-	Anélido	Oligochaeta	Haplotaxida	9	1	1	-		
<b>TOTAL</b>				<b>228</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>0</b>		
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MUY CONTAMINADO</b>		<b>MALO</b>	0%		

Elaborado por: Autores.




**Gráfico 17.** Porcentaje de Abundancia de macro invertebrados existentes en San Rafael.







**Elaborado por:** Autores





## ANEXO E. DESCRIPCIÓN BIOINDICADORES




**Tabla 25.** Guía de Macro invertebrados acuáticos encontrados en el río Pumacunchi.

N°	TAXONOMIA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
1	<p><b>CLASE:</b> Anélido</p> <p><b>ORDEN:</b> Oligochaeta</p> <p><b>FAMILIA:</b> Tubificidae</p>	<p>Miden entre 1.0 y 30.0 mm. La mayoría viven en aguas eutroficadas, sobre fondos lodosos con abundante materia orgánica en descomposición. Son de color rojo debido a la hemoglobina presente; en condiciones extremas de contaminación forman manchas rojas en el fondo de las orillas de los ríos. (Palma, 2013)</p>	
2	<p><b>CLASE:</b> Anélido</p> <p><b>ORDEN:</b> Oligochaeta</p> <p><b>FAMILIA:</b> Haplotaxida</p>	<p>Los haplotáxidos son un grupo de lombrices (Oligochaeta) con nivel de orden que ha tenido diversas interpretaciones, por lo que su circunscripción es ambigua y frecuentemente no monofilética. En ciertos casos agrupa a lombrices acuáticas o semiacuáticas, ya sea marinas o de agua dulce; en otros casos la definición es más amplia, abarcando también las lombrices de tierra. (Jamieson, 1988)</p>	
3	<p><b>CLASE:</b> Crustáceo</p> <p><b>ORDEN:</b> Amphipoda</p> <p><b>FAMILIA:</b> Hyalellidae</p>	<p>La utilidad de Hyalellidae como bioindicador de contaminación pueden ser empleadas para evaluar la contaminación por pesticidas y toxicidad de hidrocarburos aromáticos en ríos.</p> <p>Miden entre 5.0 y 10.0 mm; es el equivalente a Gamarus de zonas templadas. Presentan coloración blanquesina o amarillenta. Viven en corrientes y remansos de quebradas, asociados a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas</p>	


		poblaciones. (Roldán, 2012)	
4	<p><b>CLASE:</b> Hirudinea</p> <p><b>ORDEN:</b> Glossiphoniiformes</p> <p><b>FAMILIA:</b> Glossiphoniidae</p>	<p>Viven en aguas tranquilas y estacadas aunque algunas pueden ocurrir en aguas corrientosas. Se les encuentra entre la vegetación, adosadas a piedras o en otros sustratos sólidos. Su cuerpo es aplastado, de tamaño menor a cinco centímetros. Posee una ventosa en forma de disco en uno de sus extremos, pudiendo tener dos (uno en cada extremo). Si bien se les conoce como “chupa sangre”, los que encontramos en aguas continentales se alimentan de los fluidos de pequeños invertebrados principalmente. Solo unas pocas se alimentan de mamíferos (entre ellos el hombre).(Palma, 2013)</p>	
5	<p><b>CLASE:</b> Platelmintos</p> <p><b>ORDEN:</b> Tricladida</p> <p><b>FAMILIA:</b> Planariidae</p>	<p>Miden entre 2.0 y 30.0 mm; viven en aguas poco profundas debajo de piedras, troncos sumergidos, ramas, hojas y sustratos similares. (Palma, 2013)</p>	
6	<p><b>CLASE:</b> Platelmintos</p> <p><b>ORDEN:</b> Tricladida</p> <p><b>FAMILIA:</b> Dugesiiidae</p>	<p>Se les encuentra en casi cualquier hábitat, en el fondo de las rocas o sobre hojas esparcidas. Su cuerpo es plano, sin segmentos y pueden parecer una flecha. Tienen dos ojos bien visibles y generalmente son de color oscuro. Pueden medir entre 1 y 3 cm. (Palma, 2013)</p>	

7	<p><b>CLASE:</b> Insecta</p> <p><b>ORDEN:</b> Diptera</p> <p><b>FAMILIA:</b> Chironomidae</p>	<p>Esta familia es una de las más habituales y abundantes en todo tipo de hábitats de agua dulce, capaz de adaptarse a ríos con diferentes tipos de perturbaciones mejor que otros taxones de macroinvertebrados, por lo que un aumento de su frecuencia relativa respecto al total de macroinvertebrados nos indica que existe alguna perturbación en el ecosistema. La larva varía en tamaño, mide entre 2.0 y 30.0 mm; es una familia muy compleja, que posee varias subfamilias. En general, presentan cabeza capsulada, no retráctil y esclerotizada; el tórax y abdomen están fusionados, son alargados y cilíndricos, poseen prolongaciones en el protórax y en el último segmento abdominal. Viven en aguas lóxicas y lénticas con abundante materia orgánica en descomposición. Algunos, como <i>Chironomus</i>, viven en aguas muy contaminadas; otros pueden vivir en aguas limpias. (Sotelo, Amílcar, &amp; Alma, 2014)</p>	
---	---	---	--

8	<p><b>CLASE:</b> Insecta <b>ORDEN:</b> Diptera <b>FAMILIA:</b> Psychodidae</p>	<p>Miden entre 2.0 y 3.0 mm; tienen cuerpo aplanado; los discos succionadores se hallan en la línea media ventral; poseen cámara respiratoria anal cuyos lóbulos terminan en penachos. Viven en aguas lóaticas sobre sustratos rocosos. (Roldán, 2012)</p>	
9	<p><b>CLASE:</b> Gastropoda <b>ORDEN:</b> Basommatophora <b>FAMILIA:</b> Physidae</p>	<p>Conchas entre 9.0 y 12.3 mm de largo y entre 4.3 y 6.4 de ancho; de forma ovalada, delgadas, de color café, con cinco vueltas de salientes moderadas. La concha tiene a menudo incrustaciones negras en la espira que son depósitos de óxidos férricos. Se encuentran en todo tipo de aguas, pero con preferencia en aguas contaminadas.(Roldán, 2012)</p>	
10	<p><b>CLASE:</b> Insecta <b>ORDEN:</b> Diptera <b>FAMILIA:</b> Simuliidae</p>	<p>Miden entre 5.0 y 8.0 mm; poseen cuerpo en forma de botella; los brazos posteriores del esclerito anal forman un anillo; los dientes del submentón se encuentran reunidos en tres grupos conspicuos. Viven en corrientes asociados a sus pupas, fuertemente adheridos al sustrato. (Roldán, 2012)</p>	
11	<p><b>CLASE:</b> Insecta <b>ORDEN:</b> Coleóptera <b>FAMILIA:</b> Hydraenidae</p>	<p>Adultos: miden entre 1.0 y 2.0 mm; el palpo maxilar es mucho más largo que la antena; el pronoto posee punteaduras; la base del pronoto es más estrecha que la base de los élitros. Larvas: miden entre 3.0 y 6.0 mm; el último segmento abdominal tiene dos uñas y dos cercis de dos segmentos. Viven en aguas lóaticas. (Roldán, 2012)</p>	

12	<p><b>CLASE:</b> Insecta</p> <p><b>ORDEN:</b> Ephemeroptera</p> <p><b>FAMILIA:</b> Baetidae</p>	<p>Miden entre 5.0 y 8.0 mm; agallas del 1° al 7° segmento abdominal. Filamento terminal más corto y delgado que los cercos. Viven en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas, y adheridos a vegetación sumergida. (Roldán, 2012)</p>	
13	<p><b>CLASE:</b> Insecta</p> <p><b>ORDEN:</b> Trichoptera</p> <p><b>FAMILIA:</b> Leptoceridae</p>	<p>Miden hasta 15.0 mm; el metanoto es membranoso; las propatas anales presentan en la base un parche largo de pequeñas espinas ventrales; elaboran casas con residuos vegetales de forma alargada y cónica. Viven en aguas corrientes, entre material pedregoso y residuos vegetales. (Roldán, 2012)</p>	
14	<p><b>CLASE:</b> Insecta</p> <p><b>ORDEN:</b> Trichoptera</p> <p><b>FAMILIA:</b> Hydrobiosidae</p>	<p>Miden entre 10.0 y 12.0 mm; las 1as patas son muy modificadas; las otras dos tienen escleritos en la base de la coxa; son un tipo de tricópteros que no construyen estuches, pero fabrican redes de seda con las que atrapan partículas arrastradas por el río y que le sirven de alimento. No son muy exigentes en cuanto a calidad del agua, por lo que suelen aparecer en la mayoría de tramos</p>	



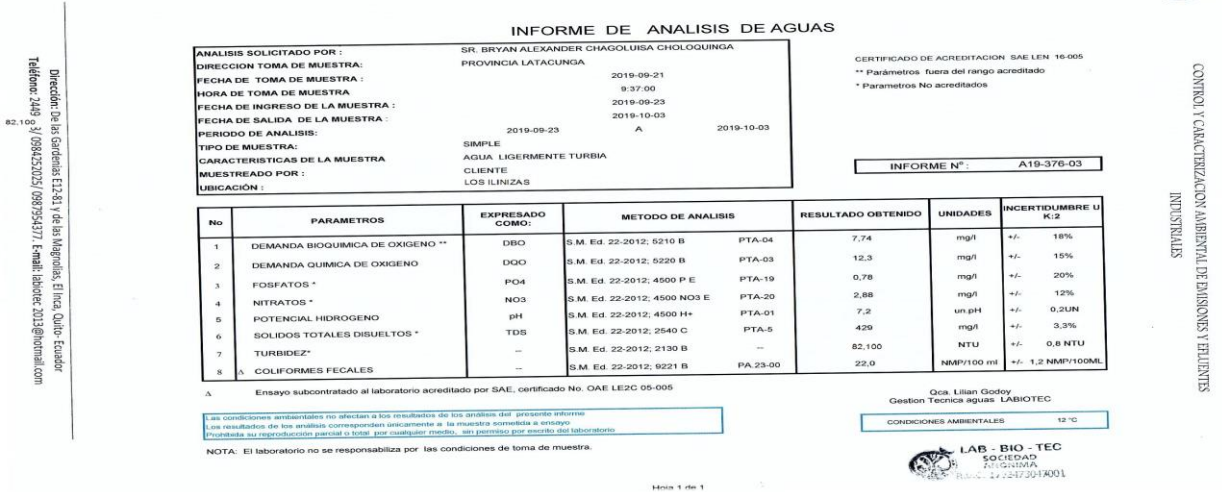
		fluviales. (Roldán, 2012)	
15	<p><b>CLASE:</b> Insecta</p> <p><b>ORDEN:</b> Coleóptera</p> <p><b>FAMILIA:</b> Elmidae</p>	<p>Adultos: Miden entre 5.6 y 10.1 mm; la antena cuenta con 11 segmentos; el pronoto es más ancho que largo y es estrecho en la parte anterior; uñas provistas de dientes; el abdomen tiene 5 segmentos, del 1° al 4° son progresivamente más cortos.</p> <p>Larvas: Miden aproximadamente 9.0 mm; tienen expansiones laterales amplias, cada una con numerosas setas; el abdomen presenta pleuritas en los segmentos 1° a 6°. Viven en aguas loticas y ocasionalmente en aguas lenticas, debajo de troncos y hojas en descomposición. (Roldán, 2012)</p>	 <p>The image shows three specimens of Elmidae. The top two are adult beetles, one above the other, showing their dark, segmented bodies and antennae. The bottom one is a larva, which is elongated and segmented with prominent lateral expansions and setae.</p>

**Elaborado por:** Autores

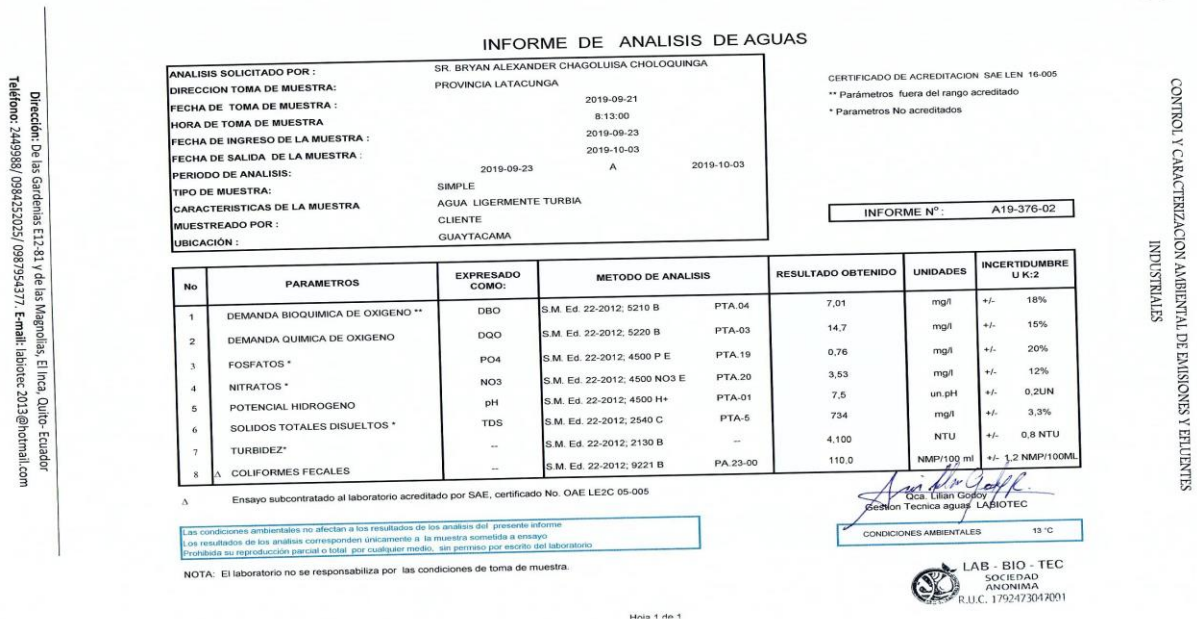


**ANEXO F. RESULTADOS DEL LABORATORIO**


**Ilustración 2.** Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Los Ilinizas correspondiente al mes de septiembre.



**Ilustración 3.** Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Guaytacama correspondiente al mes de septiembre.



**Ilustración 4.** Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de San Rafael correspondiente al mes de septiembre.



CONTROL Y CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE EMISIONES Y EFLUENTES INDUSTRIALES

INFORME DE ANALISIS DE AGUAS						
ANALISIS SOLICITADO POR :		SR. BRYAN ALEXANDER CHAGOLUISA CHOLOQUINGA			CERTIFICADO DE ACREDITACION SAE LEN 16-005	
DIRECCION TOMA DE MUESTRA :		PROVINCIA LATACUNGA			** Parámetros fuera del rango acreditado	
FECHA DE TOMA DE MUESTRA :		2019-09-21			* Parámetros No acreditados	
HORA DE TOMA DE MUESTRA :		7:08:00				
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA :		2019-09-23				
FECHA DE SALIDA DE LA MUESTRA :		2019-10-03				
PERIODO DE ANALISIS :		2019-09-23 A 2019-10-03				
TIPO DE MUESTRA :		SIMPLE				
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA :		AGUA LIGERAMENTE TURBIA				
MUESTREO POR :		CLIENTE			INFORME N°: A19-376-01	
UBICACION :		SAN RAFAEL				

No	PARAMETROS	EXPRESADO COMO:	METODO DE ANALISIS	RESULTADO OBTENIDO	UNIDADES	INCERTIDUMBRE U K:2
1	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO	S.M. Ed. 22-2012; 5210 B PTA-04	10,01	mg/l	+/- 18%
2	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DOO	S.M. Ed. 22-2012; 5220 B PTA-03	43,2	mg/l	+/- 15%
3	FOSFATOS *	PO4	S.M. Ed. 22-2012; 4500 P E PTA-19	0,81	mg/l	+/- 20%
4	NITRATOS *	NO3	S.M. Ed. 22-2012; 4500 NO3 E PTA-20	0,98	mg/l	+/- 12%
5	POTENCIAL HIDROGENO	pH	S.M. Ed. 22-2012; 4500 H+ PTA-01	7,7	un pH	+/- 0,2UN
6	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS*	TDS	S.M. Ed. 22-2012; 2540 C PTA-05	990	mg/l	+/- 3,3%
7	TURBIDEZ*	--	S.M. Ed. 22-2012; 2130 B --	11,100	NTU	+/- 0,8 NTU
8	COLIFORMES FECALES	--	S.M. Ed. 22-2012; 9221 B PTA-23	>2060	NMP/100 ml	+/- 1,2 NMP/100ML

A Ensayo subcontratado al laboratorio acreditado por SAE, certificado No. OAE LE2C 05-005


Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los análisis del presente informe. Los resultados de los análisis corresponden únicamente a la muestra sometida a ensayo. Inhabilita su reproducción parcial o total por cualquier medio, sin permiso por escrito del laboratorio.

CONDICIONES AMBIENTALES 11 °C



LAB - BIO - TEC  
SOCIEDAD ANONIMA  
R.U.C. J 792473047001

Hoja 1 de 1



**Ilustración 5.** Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Los Ilinizas correspondiente al mes de enero.

ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.		Muestra AAALab No: <b>12161-1</b> Pág 1 de 1			
 La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durrero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aanalab.com.ec					
INFORME DE RESULTADOS No. 12161-1					
1.- DATOS GENERALES					
CLIENTE:	ANGELA SAMANTHA QUISHPE SHANATASIG	TELÉFONO: 0995246065			
DIRECCIÓN:	Calle Javier Espinosa S/N, intersección de la Avenida Amazonas	ATENCIÓN A: Samantha Quishpe			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA					
TIPO DE MUESTRA:	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO: FALDAS DE LOS ILINIZAS			
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	AGUA SUPERFICIAL	FECHA DE MUESTREO: 7/1/2020			
FECHA DE RECEPCIÓN:	MUESTRA 1	RESPONSABLE DEL MUESTREO: ANGELA SAMANTHA QUISHPE SHANATASIG			
	7/1/2020	PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS: 7/1/2020 al 13/1/2020			
3. RESULTADOS:					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	< 6	8,8
1	Fosfatos	AAA-PE-A018/ SM 4500-P C.	mg/L	5,7	11,6
1	Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-NO3 E.	mg/L	< 1,0	10
1	Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/ SM 4500 O G	mg/L	7,4	4,0
1	pH	AAA-PE-A029/ SM 4500 H+B.	unid pH	8,1	0,7
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035/ SM 2540 B	mg/L	944	6
1	Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B	NTU	86,100	6,900
1	Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B	°C	11,0	1,8
1	COLIFORMES FECALES NMP	AAA-PE-A015/ SM 9223 B	NMP/100mL	57,1	NA

**Ilustración 6.** Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de Guaytacama correspondiente al mes de enero.

		<b>ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.</b> La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec				Muestra AAALab No: <b>12161-2</b> Pág 1 de 1
<b>INFORME DE RESULTADOS No. 12161-2</b>						
<b>1.- DATOS GENERALES</b>						
CLIENTE:		ANGELA SAMANTHA QUSHPE SHANATASIG		TELÉFONO:		0995246065
DIRECCIÓN:		Calle Javier Espinosa S/N, intersección de la Avenida Amazonas		ATENCIÓN A:		Samantha Quishpe
<b>2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>		<b>INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:</b>		<b>CUMPLE</b>		<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>
TIPO DE MUESTRA:		AGUA SUPERFICIAL				GUAYTACAMA
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)		MUESTRA 2				FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE RECEPCIÓN:		7/1/2020				7/1/2020
						RESPONSABLE DEL MUESTREO:
						ANGELA SAMANTHA QUSHPE SHANATASIG
						PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS
						7/1/2020 al 13/1/2020
<b>3. RESULTADOS:</b>						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D		mg/L	< 6	8,8
1	Fosfatos	AAA-PE-A018/ SM 4500-P C.		mg/L	6,5	11,6
1	Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-NO3 E.		mg/L	< 1,0	10
1	Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/ SM 4500 O G		mg/L	6,2	4,0
1	pH	AAA-PE-A029/ SM 4500 H+B.		unid pH	7,8	0,7
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035/ SM 2540 B		mg/L	856	6
1	Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B		NTU	12,100	6,900
1	Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B		°C	14,0	1,8
1	COLIFORMES FECALES NMP	AAA-PE-A015/ SM 9223 B		NMP/100mL	689,3	NA

**Ilustración 7.** Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de San Rafael correspondiente al mes de enero.

		<b>ANÁLITICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.</b> La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec				Muestra AAALab No: <b>12161-3</b> Pág 1 de 1
<b>INFORME DE RESULTADOS No. 12161-3</b>						
<b>1.- DATOS GENERALES</b>						
CLIENTE:		ANGELA SAMANTHA QUSHPE SHANATASIG		TELÉFONO:		0995246065
DIRECCIÓN:		Calle Javier Espinosa S/N, intersección de la Avenida Amazonas		ATENCIÓN A:		Samantha Quishpe
<b>2. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>		<b>INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:</b>		<b>CUMPLE</b>		<b>LUGAR DE MUESTREO:</b>
TIPO DE MUESTRA:		AGUA SUPERFICIAL				SAN RAFAEL
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)		MUESTRA 3				FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE RECEPCIÓN:		7/1/2020				7/1/2020
						RESPONSABLE DEL MUESTREO:
						ANGELA SAMANTHA QUSHPE SHANATASIG
						PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS
						7/1/2020 al 14/1/2020
<b>3. RESULTADOS:</b>						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	**INCERTIDUMBRE ± % U
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D		mg/L	10	8,8
1	Fosfatos	AAA-PE-A018/ SM 4500-P C.		mg/L	10,2	11,6
1	Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-NO3 E.		mg/L	< 1,0	10
1	Oxígeno Disuelto	AAA-PE-A028/ SM 4500 O G		mg/L	5,5	4,0
1	pH	AAA-PE-A029/ SM 4500 H+B.		unid pH	8,1	0,7
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035/ SM 2540 B		mg/L	1168	6
1	Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B		NTU	27,100	6,900
1	Temperatura (in situ)	AAA-PI-A002/ SM 2550 B		°C	14,0	1,8
1	COLIFORMES FECALES NMP	AAA-PE-A015/ SM 9223 B		NMP/100mL	> 2420	NA

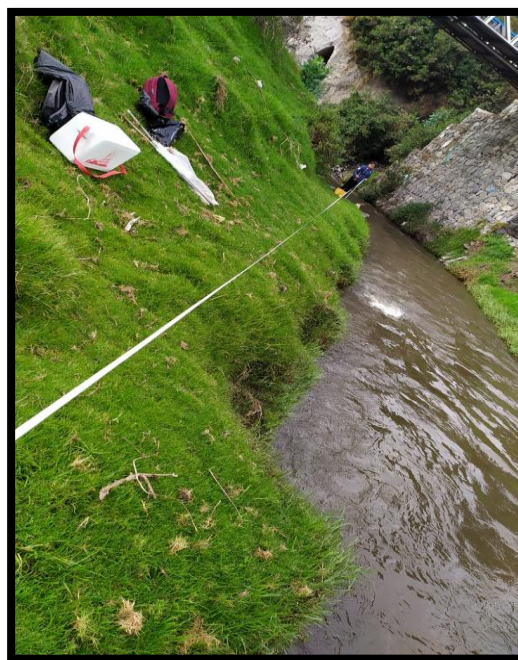


## ANEXO G. REGISTRO FOTOGRÁFICO

**Fotografías 1.** Recaudación de muestras de agua para el correspondiente análisis Físico - Químicos y Microbiológicos.



**Fotografías 2.** Medición del caudal





**Fotografías 3.** Muestreo de Macro invertebrados en el Rio Pumacunchi.



**Fotografías 4.** Identificación de Macro invertebrados en el laboratorio.

