



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

---

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE  
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU  
PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2020-2021.”**

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingenieros en Medio Ambiente.

**Autores:**

Jiménez Arias José Santiago

Suárez Tituaña Andrea Alexandra

**Tutor:**

Manuel Patricio Clavijo Cevallos M.Sc.

**Latacunga – Ecuador**

**Marzo 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

**Jiménez Arias José Santiago**, con cédula de ciudadanía No. **1719027847**; y, **Suárez Tituaña Andrea Alexandra**, con cédula de ciudadanía No. **1754306429**; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2020-2021.”** siendo el M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 05 de marzo del 2021

José Santiago Jiménez Arias

Andrea Alexandra Suárez Tituaña

Estudiante

Estudiante

CC: 1719027847

CC: 1754306429

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Docente Tutor

CC: 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 **JIMENEZ ARIAS JOSÉ SANTIAGO**, identificado con cédula de ciudadanía **1719027847** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector encargado 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.- EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2020 - 2021”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico.- Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020- Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2020 - 2021”

**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, **EL CEDENTE** autoriza 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 **EL CEDENTE**, transfiere 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.
- e) 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 **EL CEDENTE** 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 **EL CEDENTE** 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 **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.-** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la 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 05 días del mes de marzo del 2021.

José Santiago Jiménez Arias

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga,

**LA CEDENTE**

**LA CESIONARIA**

## **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 **SUÁREZ TITUAÑA ANDREA ALEXANDRA**, identificada con cédula de ciudadanía **1754306429** de estado civil **Soltera**, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector encargado 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.- LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2020 - 2021”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico.- Inicio de la carrera: Abril 2016 – Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020- Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: MSc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2020 - 2021”

**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, **LA CEDENTE** autoriza 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 **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) 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.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) 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 **LA CEDENTE** 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 **LA CEDENTE** 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 **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.-** El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la 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 05 días del mes de marzo del 2021

Andrea Alexandra Suárez Tituaña

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga

**LA CEDENTE**

**LA CESIONARIA**



## **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 (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2020-2021.”** de Jiménez Arias José Santiago, Suárez Tituaña Andrea Alexandra, de la carrera de Ingeniería 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 se han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 05 de marzo del 2021

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

**DOCENTE TUTOR**

**CC: 050144458-2**

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

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Jiménez Arias José Santiago, Suárez Tituaña Andrea Alexandra, con el título de Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2020-2021,”** se han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de marzo del 2021

Lector 1 (Presidente/a)

Ing. Mg. José Luis Ágreda Oña

CC: 0401332101

Lector 2

Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra

CC: 0400689790

Lector 3

Ing. Mg. Jaime René Lema Pillalaza

CC: 1713759932

## **AGRADECIMIENTO**

En el presente trabajo de tesis me gustaría agradecer en primer lugar a Dios por haberme bendecido y permitido llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño tan anhelado.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día contar y creer en mí y en mis expectativas. A mi compañera que fue paciente y comprensiva en todo momento, por el sacrificio y tiempo para que pudiéramos elaborar esta tesis.

A mi tutor de tesis M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida estudiantil a las que les encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

**José Santiago Jiménez Arias**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme protegido durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. Este trabajo corresponde también al sacrificio de mis padres tanto a Enma como a Freddy, agradecer por darme la vida, por ser mis pilares, por el apoyo incondicional, por la educación que me han dado, por los valores que me han ayudado a no rendirme y gracias a eso luchar por mis sueños y por demostrarme su cariño día a día. Además quiero dedicar mi tesis a un angelito que me cuida desde el cielo que me ha guiado y ayudado a lograr todo lo que me propuse sin detenerme.

**José Santiago Jiménez Arias**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por bendecirme en la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres: Patricio y Paulina, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco a nuestros docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al master Patricio Clavijo tutor de mi proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

**Andrea Alexandra Suárez Tituaña**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a:

A Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Patricio y Paulina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Byron y Daniel por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que siempre me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi mejor amiga Yiseth, por apoyarme cuando más la necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias hermana, siempre te llevo en mi corazón.

**Andrea Alexandra Suárez Tituaña**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** “Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2020- 2021”

**AUTORES:** Jiménez Arias José Santiago  
Suárez Tituaña Andrea Alexandra

**RESUMEN**

En el siguiente trabajo de investigación se realizó en el río Cunuyacu perteneciente a la provincia de Cotopaxi - Ecuador, previamente se delimitó puntos de georreferenciación del área del río con el objetivo de conocer su calidad ambiental mediante los índices biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el índice de calidad de Agua (ICA NSF). Se plantearon tres puntos de muestreo a lo largo del cauce del río, en lugares de menor a mayor volumen de descargas de aguas residuales, ubicadas desde la naciente del río hasta su desembocadura debido a que en el P3: Molinos Poulter durante el mes de enero existió abundantes precipitaciones, esto pudo ser un factor para la abundancia de macroinvertebrados fue habitual para cada sitio y para cada época del año, por tal motivo se evidenció una relación entre el crecimiento hídrico. Se utilizó tres metodologías la primera fue la cualitativa en la cual se realizó la identificación de los macroinvertebrados donde se ubicó según sus niveles taxonómicos de clase, orden y familia. El segundo método fue el cuantitativo el cual consistió en el conteo de macroinvertebrados los cuales fueron recolectados en tres puntos de muestreos diferentes ubicados en el punto inicial, medio y final del río Cunuyacu. El tercer método es el inductivo que se utilizó para establecer el nivel de contaminación del río Cunuyacu, se recolectó muestras de agua que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su debido análisis. Para analizar los principales parámetros, los cuales fueron comparados con la normativa vigente TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I, Tabla 3. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola. Se utilizaron los índices (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) para determinar la calidad del agua del río Cunuyacu con la recolección y la identificación de macroinvertebrados. En caso del índice de BMWP/col nos dio como resultado que la calidad del agua es Crítica, mientras que

en los índices ABI y E.P.T se encuentran en calidad del agua Malo, por lo tanto el índice de Shannon – Weaver con una biodiversidad alta de 6,96. En lo que concierne con el índice de calidad de agua (ICA NSF) los parámetros analizados en los meses de noviembre y diciembre en el río Cunuyacu en los tres puntos de muestreo arrojaron que los parámetros de pH tiene un resultado de (8,10), mientras que los Sólidos Totales un valor de (499,66 mg/L) y Coliformes Fecales de (183 NMP/100mL) del cuerpo hídrico Cunuyacu se encuentran dentro de los límites permisibles. Según la Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes (recurso agua) del Libro VI, Anexo 1, Tabla 3. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola. Para Ecuador la normativa establece que el agua para uso agrícola debe ser máximo a los 1000 NMP/100 mL (Número más Probable por 100 mililitros de agua) en Coliformes Fecales), y un rango de pH óptimo de 6,5 -9 de Sólidos Totales un rango de 3000.0 mg/L

**PALABRAS CLAVES:** Índices biológicos, Índice de calidad del agua ICA, río Cunuyacu, caudal, macroinvertebrados, parámetros físicos-químicos y microbiológicos, TULSMA.



**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**TOPIC:** Determination of water quality by means of bioindicators (macroinvertebrates) in the Cunuyacu river, Latacunga canton, Cotopaxi province, period 2020- 2021.

**AUTHORS:** Jiménez Arias José Santiago  
Suárez Tituaña Andrea Alexandra

**ABSTRACT**

The following research work was carried out in the Cunuyacu river belonging to the province of Cotopaxi - Ecuador. Previously, georeferencing points were delimited in the river area with the objective of knowing its environmental quality through biological indexes (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon - Weaver) and the water quality index (ICA NSF). Three sampling points were planned along the river bed, in places of lower to higher volume of wastewater discharges, located from the source of the river to its mouth because in P3: Molinos Poultry during the month of January there was abundant rainfall, this could be a factor for the abundance of macroinvertebrates was usual for each site and for each time of the year, for this reason a relationship between water growth was evidenced. Three methodologies were used, the first was qualitative, in which the macroinvertebrates were identified and placed according to their taxonomic levels of class, order and family. The second method was quantitative, which consisted of counting macroinvertebrates that were collected at three different sampling points located at the beginning, middle and end of the Cunuyacu River. The third method is the inductive method that was used to establish the level of contamination of the Cunuyacu River; water samples were collected and sent to the laboratory for analysis. To analyze the main parameters, which were compared with current regulations TULSMA, BOOK VI; APPENDIX I, Table 3, Admissible quality criteria for agricultural water. The indices (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon - Weaver) were used to determine the water quality of the Cunuyacu River with the collection and identification of macroinvertebrates. The BMWP/col index gave us the result that the water quality is Critical, while the ABI and E.P.T indexes are found in Bad water quality, therefore the Shannon - Weaver index with a high biodiversity of 6.96. Regarding the water quality index (ICA NSF), the parameters analyzed in November and December in the Cunuyacu River at the three sampling points showed that the pH parameters had a result of (8.10), while

the Total Solids (499.66 mg/L) and Fecal Coliforms (183 NMP/100mL) of the Cunuyacu water body are within the permissible limits. According to the Environmental Quality and Effluent Discharge Standard (water resource) in Book VI, Annex 1, Table 3, Admissible quality criteria for agricultural water. For Ecuador, the regulation establishes that water for agricultural use should be a maximum of 1000 NMP/100 mL (Most Probable Number per 100 milliliters of water) in Fecal Coliforms), and an optimal pH range of 6.5 -9 of Total Solids in a range of 3000.0 mg/L.

**KEYWORDS:** Biological indices, ICA, Cunuyacu river, macroinvertebrates, physical-chemical and microbiological parameters, TULSMA.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	x
DEDICATORIA.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xxiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxiv
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 JUSTIFICACIÓN .....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4 PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO.....	3
5 OBJETIVOS:.....	4
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	6
7.1 El agua.....	6
7.1.1 Calidad de agua.....	6
7.1.2 Contaminación del agua.....	6
7.1.3 Causas de la contaminación del agua.....	7
7.1.4 Fuentes de la contaminación del agua.....	7
7.1.5 Fuentes industriales .....	7
7.1.6 Fuentes domésticas .....	8
7.1.7 Fuentes agrícolas .....	8
7.1.8 Principales contaminantes del agua .....	8

7.2	Bioindicadores .....	8
7.2.1	Bioindicadores de la calidad del agua.....	9
7.2.2	Microinvertebrados acuáticos.....	9
7.3	Índices de calidad de agua .....	9
7.3.1	Índices biológicos.....	9
7.3.2	Índice B.M.W.P (Biological Monitoring Working Party) .....	10
7.3.3	El Índice ABI (Andean Biotic Index) .....	11
7.3.4	Índice E.P.T (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera).....	13
7.3.5	Índice de diversidad de SHANNON – WEAVER.....	14
7.4	Índices de Calidad de Agua Físico- Químico .....	15
7.4.1	Índice de calidad de agua ICA- NSF.....	15
7.5	Parámetros de Calidad de Agua .....	16
7.5.1	Parámetros físicos.....	16
7.6	Parámetros Microbiológicos .....	18
7.6.1	Coliformes Totales .....	19
7.6.2	Coliformes Fecales .....	19
8	MARCO LEGAL.....	19
8.1	Constitución de la República del Ecuador.....	19
8.2	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamientos del Agua. ....	22
8.3	Reglamento del Código Orgánico del Ambiente .....	23
8.4	Normas INEN .....	24
8.4.1	Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.....	24
8.4.2	Manejo y conservación.....	25
8.4.3	Manejo y conservación de muestras para análisis biológico.....	26
8.4.4	Recomendaciones generales.....	26
8.4.5	Inspección.....	26
8.4.6	Refrigeración y congelación de las muestras.....	27
8.4.7	Adición de conservantes .....	27
8.4.8	Recepción de las muestras en el laboratorio.....	28
8.4.9	Rotulado .....	28
9	PREGUNTAS CIENTÍFICAS.....	29
10	MÉTODOS- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	29

10.1	Método Cualitativo .....	29
10.2	Método Cuantitativo .....	29
10.3	Método Inductivo .....	30
10.4	Técnicas .....	30
10.4.1	Técnica Documental .....	30
10.4.2	Técnica De Campo .....	30
10.4.3	Técnica De Laboratorio .....	30
10.5	Instrumentos .....	30
10.5.1	Arcgis .....	30
10.5.2	IQA Data.....	31
10.5.3	Fichaje .....	31
10.5.4	GPS .....	31
10.5.5	Guía Taxonómica .....	31
10.5.6	Microscopio .....	31
10.5.7	EPP.....	31
11	METODOLOGÍA .....	32
11.1	Descripción del Área de Estudio .....	32
11.2	Ubicación del Estudio.....	33
11.3	Descripción del Sitio del Estudio .....	33
11.4	Técnica de Muestreo en Aguas poco Profundas .....	35
11.4.1	Análisis de Muestra de Macroinvertebrados .....	35
11.4.2	Materiales .....	35
11.4.3	Procedimiento .....	35
11.5	Técnica de Recaudación de Muestras de Agua Para el Análisis Físico- Químico y Microbiológico .....	36
11.5.1	Materiales .....	36
11.5.2	Procedimiento de Muestreo.....	36
12	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
13	DISCUSIÓN.....	47
14	IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	51
14.1	Social.....	51
14.2	Ambiental .....	52
14.3	Económicos.....	52

15	CONCLUSIONES .....	53
16	RECOMENDACIONES.....	54
17	BIBLIOGRAFÍA .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Beneficiarios del proyecto. ....	3
<b>Tabla 2.</b>	Matriz de actividades por objetivos.....	5
<b>Tabla 3.</b>	Valores de Referencia del Índice BMWP .....	10
<b>Tabla 4.</b>	Puntajes de las Familias de Macroinvertebrados para el Índice BMWP.....	10
<b>Tabla 5.</b>	Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos según la Propuesta del Índice ABI .....	11
<b>Tabla 6.</b>	Puntajes para Calidad del Agua según el Índice ABI. ....	13
<b>Tabla 7.</b>	Valores del Índice E.P.T (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) .....	14
<b>Tabla 8.</b>	Evaluación de la diversidad según Shannon. ....	15
<b>Tabla 9.</b>	Clasificación del ICA.....	16
<b>Tabla 10.</b>	Coordenadas del Sitio de Muestreo .....	33
<b>Tabla 11.</b>	Resultados de la calidad de agua del río Cunuyacu correspondiente al mes de noviembre.....	37
<b>Tabla 12.</b>	Resultados de la calidad de agua del río Cunuyacu correspondiente al mes de Diciembre .....	39
<b>Tabla 13.</b>	Resultados de la calidad de agua del río Cunuyacu correspondiente al mes de Enero .....	41
<b>Tabla 14.</b>	Comparación de los resultados Físico - Químicos y Microbiológicos .....	43
<b>Tabla 15.</b>	Cuadro comparativo de los muestreos realizados en los meses de noviembre, diciembre y enero.....	45
<b>Tabla 16.</b>	Número de especies encontradas en el mes de noviembre en la Parroquia Juan Montalvo .....	61
<b>Tabla 17.</b>	Número de especies encontradas en el mes de noviembre la Laguna .....	62
<b>Tabla 18.</b>	Número de especies encontradas en el mes de noviembre de los Molinos Poulter .....	63
<b>Tabla 19.</b>	Número de especies encontradas en el mes de diciembre en la Parroquia Juan Montalvo .....	64
<b>Tabla 20.</b>	Número de especies encontradas en el mes de diciembre en La Laguna .....	65

<b>Tabla 21.</b> Número de especies encontradas en el mes de noviembre en los Molinos Poultier	66
<b>Tabla 22.</b> Número de especies encontradas en el mes de Enero en la Parroquia Juan Montalvo	67
<b>Tabla 23.</b> Número de especies encontradas en el mes de Enero la Laguna	68
<b>Tabla 24.</b> Número de especies encontradas en el mes de Enero de los Molinos Poultier	69
<b>Tabla 25.</b> Descripción de Macroinvertebrados	70

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de noviembre	37
<b>Gráfico 2.</b> Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de diciembre	39
<b>Gráfico 3.</b> Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de Enero	41
<b>Gráfico 4.</b> Caudal correspondiente a los meses de noviembre, diciembre y enero.	49

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Mapa de Ubicación	32
<b>Ilustración 2.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de Noviembre.	74
<b>Ilustración 3.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de La Laguna correspondiente al mes de Noviembre.	75
<b>Ilustración 4.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de los Molinos Poultier correspondiente al mes de Noviembre.	76
<b>Ilustración 5.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de diciembre.	77
<b>Ilustración 6.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos La Laguna correspondiente al mes de diciembre.	78
<b>Ilustración 7.</b> Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de los Molinos Poultier correspondiente al mes de diciembre	79
<b>Ilustración 8.</b> Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de noviembre.	80
<b>Ilustración 9.</b> Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de La Laguna correspondiente al mes de noviembre.	81

<b>Ilustración 10</b> .Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de los Molinos Poulter correspondiente al mes de noviembre.....	82
<b>Ilustración 11</b> . Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de diciembre. ....	83
<b>Ilustración 12</b> . Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de La Laguna correspondiente al mes de diciembre.....	84
<b>Ilustración 13</b> . Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de los Molinos Poulter correspondiente al mes de diciembre.....	85

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b> . RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE NOVIEMBRE, DICIEMBRE Y ENERO .....	61
<b>ANEXO 2</b> . DESCRIPCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS.....	70
<b>ANEXO 3</b> . RESULTADOS DE LABORATORIO .....	74
<b>ANEXO 4</b> . REGISTRO FOTOGRAFICO .....	86
<b>ANEXO 5</b> . CURRICULUM VITAE DOCENTE TUTOR .....	89
<b>ANEXO 6</b> . CURRICULUM VITAE EQUIPO INVESTIGADOR.....	94
<b>ANEXO 7</b> . AVAL DE TRADUCCIÓN.....	98



## 1 INFORMACIÓN GENERAL

### **Título**

Determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2020 – 2021.

**Fecha de inicio:** Noviembre del 2020

**Fecha de finalización:** Marzo del 2021

### **Lugar de ejecución.**

Locoa- Ignacio Flores-Latacunga-Provincia de Cotopaxi

### **Institución, Facultad y carrera que auspicia.**

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

### **Proyecto de investigación vinculado:**

Evaluación de Sostenibilidad Ambiental en Cuencas Hidrográficas de la provincia de Cotopaxi.

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

#### **Tutor del Proyecto de Investigación.**

- M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos
- Equipo Investigador**
- Jiménez Arias José Santiago
  - Suárez Tituaña Andrea Alexandra

### **Área de Conocimiento:**

UNESCO Ambiente – Recursos Hídricos

### **Línea de investigación.**

Línea 1 (UTC) Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

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

Manejo y conservación de la biodiversidad

### **Línea de Vinculación**

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación tiene por finalidad determinar el estado real del agua en el río Cunuyacu mediante la presencia de bioindicadores, en la actualidad la escasez de agua y la contaminación de los ecosistemas son problemas que cada día toman más fuerza y llaman mucho la atención de la población en general, siendo forzosamente deteriorados por diferentes acciones como la mala gestión de los desechos, la eliminación de aguas residuales y residuos industriales que van directamente al río.

Por lo mencionado anteriormente se ha visto la necesidad de realizar un estudio de calidad del agua en el río Cunuyacu para la toma de muestras utilizando los índices (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el índice de calidad de Agua (ICA NSF) donde se ejecutó estudios físicos- químicos y microbiológicos del agua, ya que su aplicación es muy sencilla, de bajo costo, confiable y cualquier persona con una previa capacitación puede aplicarlo.

Por lo tanto, el presente estudio ayuda a poner en práctica los conocimientos académicos impartidos en las aulas, así como contribuir a que la comunidad se mantenga informada y promueva estrategias de conservación y mitigación de los impactos sociales, económicos y ambientales que existe en el río Cunuyacu, estas iniciativas promueven una gran disponibilidad de información que permite utilizar como línea base para futuras investigaciones que se realicen en el mismo cuerpo hídrico.

Para determinar la calidad del agua del Cantón Latacunga se muestrearon 3 sitios en el río Cunuyacu que permitieron recolectar macroinvertebrados acuáticos, los mismos que fueron identificados y evaluados a través de los índices estipulados, lo cual conlleva a establecer el nivel de calidad de agua en la zona de estudio.

Es importante recalcar la necesidad de desarrollar procesos de vinculación de la universidad con el sector social, en donde los nuevos profesionales sean ciudadanos y personas comprometidas con el desarrollo del país, los cuales orientan sus conocimientos y capacidades a través de proyectos e iniciativas que impulsan y refuerzan mecanismos de vinculación al servicio de la sociedad, para de esta manera resolver problemas sociales, económicos y ambientales, sumando esfuerzos en conjunto.

### 3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 1.**

*Beneficiarios del proyecto.*

<b>Beneficiarios Directos</b>				<b>Beneficiarios Indirectos</b>
Los habitantes del Cantón Latacunga:				
<b>Ciudad</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>	
Latacunga	82301	88188	170489	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Gobierno Autónimo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga.</li> <li>● Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE).</li> <li>● Centros de investigaciones públicas y privadas de calidad de agua.</li> </ul>

**Nota.** INEC- Censo de Población y Vivienda 2010.

### 4 PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO

El Cantón Latacunga por estar ubicado en una zona especialmente productiva, se ha realizado varios estudios de calidad de agua, por medio del uso de los índices (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el índice de calidad de Agua (ICA NSF) que la calidad de agua de los ríos así como la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, es parte fundamental para la realización de las diversas actividades agrícolas y que, sin lugar a dudas, se ven alteradas a medida que aumentan los asentamientos humanos principalmente por el desarrollo de actividades domésticas

Esta problemática muestra que el agua de cauces naturales tanto a nivel mundial como a nivel nacional y local se encuentra amenazada por la contaminación y el mal manejo de los recursos hídricos, Ulloa (2016), por lo que es necesario y beneficioso ejecutar estudios de calidad del agua como la indagación propuesta para determinar el estado de las fuentes naturales y permitir recuperarlas o conservarlas.

La calidad del agua es un factor importante para disponer y establecer el estado de conservación del río, así impidiendo la transmisión de agentes que causen enfermedades y la alteración del equilibrio de los ecosistemas, pues la biodiversidad asociada al recurso se ve afectada por la contaminación. La cultura ambiental por parte de los habitantes es otro de los

factores principales que provoca el deterioro del río Cunuyacu, puesto que algunos sectores se han convertido en un botadero de escombros.

## **5 OBJETIVOS:**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la calidad del agua mediante la presencia de bioindicadores (macroinvertebrados) y análisis físico-químicos y microbiológicos del río Cunuyacu Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Delimitar los puntos de estudio mediante georeferenciación del área.
- Identificar taxonómicamente los bioindicadores (macroinvertebrados) muestreados en los puntos de estudio del río Cunuyacu.
- Evaluar la calidad del agua del río Cunuyacu 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.

## 6 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.	* Visita in situ al área de estudio. * Selección de los puntos (alto, medio y bajo) de estudio de acuerdo al entorno actual que presenta el área.	* Tres puntos de estudio Geo referenciados. * Mapa de la zona de estudio.	*Georeferenciación de los puntos de estudio con el apoyo de herramientas básicas como el GPS y el software ArcGIS. El GPS permitirá obtener las coordenadas geográficas, mientras que con el software se podrá elaborar un mapa y exteriorizar los puntos de la zona de estudio.
Identificar taxonómicamente los bioindicadores (macroinvertebrados) muestreados en los puntos de estudio del río Cunuyacu.	* Trabajos de muestreo en campo en cada uno de los puntos de estudio. * Se reconocimiento y clasificación de los bioindicadores en el laboratorio con el apoyo de una guía taxonómica.	* Abundancia y tipo de macroinvertebrados hallados en cada punto de estudio. * Especies de bioindicadores existentes en los puntos de estudio.	* Muestreo en los puntos de estudio como trabajo en campo, donde se almacenará la mayor cantidad posible de bioindicadores que posteriormente se identifiquen en el laboratorio y se clasifique según su taxonomía (orden, género y familia).
Evaluar la calidad del agua del río Cunuyacu 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.	* Cálculo de los índices biológicos BMWP/col, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver. * Muestreo y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua. * Cálculo del índice de calidad de agua ICA NSF y su comparación con la normativa ambiental vigente.	* Calidad de agua obtenida por los resultados de los cálculos de los Índices Biológicos. * Calidad de agua de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos obtenido por el ICA NSF.	* Cuantificación de bioindicadores acorde a su clasificación taxonómica para el cálculo de los índices BMWP, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver. * Las tomas de muestras de agua se enviarán al laboratorio para el correspondiente análisis Físico-Químicos y Microbiológicos.

**Nota:** Elaborado por Autores.

## 7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

### 7.1 El agua

Gabriela (2012), considera que:

El agua es uno de los recursos más preciados de que dispone la vida en nuestro planeta. Es parte esencial de los seres vivos: hombre, animal y vegetal, cuyos cuerpos se componen de aproximadamente un 72% de agua. La vida ha utilizado el agua como medio de disolución y transporte interno de los elementos y sus combinaciones, necesarias para el desarrollo vital de los organismos. Es fundamental en la producción de alimentos, en el crecimiento y vida de las plantas, en el buen vivir del hombre, en la cría de animales, en la industria, en la construcción, en el movimiento y mantenimiento de máquinas, en la extinción de incendios, en el control de las heladas, y en el aseo en general.

#### 7.1.1 *Calidad de agua*

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de componentes naturales como de la acción humana Organización de las Naciones Unidas (2018) menciona que:

La calidad del agua se establece comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas normas de calidad del agua. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano de este modo, resguardar la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

#### 7.1.2 *Contaminación del agua*

Roldan (2013), La contaminación del agua se puede definir como la adición de sustancias extrañas que deterioran su calidad indica que:

Se refiere a su aptitud para los usos benéficos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es para el ecosistema. Un contaminante puede ser de origen inerte como el plomo, mercurio, detergentes o de origen vivo, como el ocasionado por microorganismos provenientes de desechos domésticos.

### **7.1.3 Causas de la contaminación del agua**

San José (2011), argumenta las causas más frecuentes para la contaminación:

- El vertido de sustancias tóxicas residuales de los procesos industriales, que son arrojados a ríos y lagos.
- La contaminación derivada del uso de pesticidas, fertilizantes y otros químicos en la agricultura que se escurren desde el suelo hacia acuíferos subterráneos o a otras fuentes de agua.
- La basura que es tirada en las costas y que es arrastrada por los cursos del agua, tal como en el caso de los gigantescos parches de basura en los océanos, formadas con desperdicios que tardan cientos o miles de años en degradarse.
- El uso de combustibles contaminantes en embarcaciones.
- El vertido de las aguas residuales provenientes del sistema de aguas de las ciudades.

### **7.1.4 Fuentes de la contaminación del agua**

Roldán (2014), propone que las principales fuentes de contaminación acuática son las:

Industrias, agricultura y desechos domésticos. La descomposición natural de la materia orgánica, acumulada en exceso y la presencia de sustancias tóxicas y metales pesados causa cambios drásticos en la concentración de oxígeno y valores de pH que pueden ser a veces mortales para los peces. Por otro lado la agricultura moderna se ha convertido en una de las más graves amenazas para la vida en el agua y para la salud humana.

### **7.1.5 Fuentes industriales**

La causa principal de la contaminación industrial es “La quema a gran escala de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón, el gas, más el agua residual envenenada que contamina tierra, ríos y lagunas. La degradación del medio ambiente por el incremento industrial no planeado”. (Cárdenas,2020)

### **7.1.6 Fuentes domésticas**

La contaminación producida por el ser humano se trata de residuos que son vertidos directa o indirectamente, Por ejemplo: pesticidas; residuos inorgánicos como el petróleo, la gasolina, los plásticos; químicos como los detergentes; residuos orgánicos causados por los seres vivos. Estos vertidos principalmente generan eutrofización, cuya última consecuencia es el consumo del oxígeno del agua y la muerte de toda forma de vida. Cárdenas (2020)

### **7.1.7 Fuentes agrícolas**

“La agricultura es el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales, subterráneos como consecuencia de la erosión, de la escorrentía química, justifica la preocupación existente por sus repercusiones mundiales en la calidad del agua a escala mundial” (FAO, 2016).

### **7.1.8 Principales contaminantes del agua**

La actividad humana produce un gran número de residuos y desechos que deben ser tratados de manera adecuada para que no contaminen el agua. Algunos resultan más sencillos de separar del agua; sin embargo, otros suelen ser muy solubles y el ser humano no puede degradarlos de manera natural con rapidez Ruiz (2016), por lo que permanecen en el agua durante mucho tiempo y contaminan más:

Estos residuos contaminantes son los peores para el agua y, por tanto, para el medio ambiente, las personas y los animales:

- Insecticidas, pesticidas y fertilizantes.
- Antibióticos y fármacos.
- Microorganismos patógenos.
- Compuestos de origen orgánico.
- Contaminantes térmicos.
- Nitratos y fosfatos
- Sustancias radiactivas.

## **7.2 Bioindicadores**

Déley & Santillán (2016), dan a conocer que el término se refiere a especies escogidas por su sensibilidad o tolerancia a varios parámetros, específicamente la contaminación, es decir:



Su presencia o ausencia demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio o la alteración de estas condiciones, ya que son muy específicas y fáciles de monitorear. La constitución genética también es importante ya que algunos organismos pueden o no adaptarse al medio cambiante y responder más rápidamente o más lentamente a los estímulos en comparación con otros.

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

El autor aborda que el uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua:

“Su uso facilita las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua”. (Álvarez, 2010)

### **7.2.2 *Microinvertebrados acuáticos***

Son buenos bioindicadores en la calidad del agua ya que ciertos macroinvertebrados viven en aguas más limpias y otros en aguas contaminadas. Se pueden encontrar en múltiples micro hábitats y se alimentan de sangre de animales, peces, plantas acuáticas, otros macroinvertebrados, elementos del agua y del suelo. (Carrera, 2011)

## **7.3 Índices de calidad de agua**

“El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. La ventaja está en que la información puede ser fácilmente interpretada; consecuentemente un ICA es una herramienta comunicativa para transmitir información”(Universidad de Pamplona, 2010).

### **7.3.1 *Índices biológicos***

Seg (2015), señala que:

Los índices biológicos son buenos integradores de la calidad química de un determinado periodo de tiempo, como mínimo del necesario para desarrollar el ciclo biológico del organismo estudiado. El rango de los organismos acuáticos en tamaño y complejidad va desde el muy pequeño o unicelular hasta el pez de mayor tamaño y estos miembros de la comunidad biológica son en algún sentido parámetros de la calidad del agua, dado que su

presencia o ausencia pueden indicar la situación en que se encuentra un cuerpo de agua.

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

ROLDÁN (2014), indicó que el índice Biological Monitoring Water Party (BMWP):

Es el resultado de la adaptación y modificación del BMWP. Toma en cuenta la presencia y dominancia de los tipos de macroinvertebrados acuáticos. Los valores de sensibilidad por familia van de 1 a 10 y la calidad del agua está dentro del rango de muy crítica hasta buena.

**Tabla 3.**

#### Valores de Referencia del Índice BMWP

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

**Nota.** (Moya, et al., 2011)

**Tabla 4.**

#### Puntajes de las Familias de Macroinvertebrados para el Índice BMWP

Familias	Puntajes
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.</i>	<b>10</b>
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hidrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae, Xiphocentronidae</i>	<b>9</b>

<b>Familias</b>	<b>Puntajes</b>
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Corduliidae</i>	<b>8</b>
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i>	<b>7</b>
<i>Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Gammaridae, Atyidae.</i>	<b>6</b>
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae, Dugesidae,</i>	<b>5</b>
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae, Limoniidae.</i>	<b>4</b>
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Bithyniidae.</i>	<b>3</b>
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae</i>	<b>2</b>
<i>Tubificidae</i>	<b>1</b>

**Nota.** (Moya, et al., 2011)

### **7.3.3 El Índice ABI (Andean Biotic Index)**

Es un índice biológico cuantitativo que se aplica específicamente para la evaluación del estado de salud de los ecosistemas ROSERO & FOSSATI (2010), denomina que:

Los ríos alto andinos, entre los 2000 a 4000 msnm. 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 las condiciones ambientales y del entorno, los macroinvertebrados tienen valores en el índice ABI, al final todas las calificaciones se suman y el resultado corresponde a la calidad del agua. Los niveles de calidad del agua van del 1 al 100.

Tabla 5.

*Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos según la Propuesta del Índice ABI*

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

Nota:(Toledo &amp; Mendoza, 2016).

**Tabla 6.*****Puntajes para Calidad del Agua según el Índice ABI.***

<b>Calidad de agua</b>	<b>Puntuación</b>
<b>Muy bueno</b>	> 96
<b>Bueno</b>	59-96
<b>Regular</b>	35-58
<b>Malo</b>	14-34
<b>Pésimo</b>	< 14

**Nota:** (Toledo & Mendoza, 2016).

#### ***7.3.4 Índice E.P.T (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)***

Este índice relaciona la abundancia de grupos indicadores de buena calidad de agua basándose en tres órdenes de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Trichoptera, Plecóptera) que indican la calidad de agua, debido a que estas familias son más sensibles a la contaminación Carrera Reyes & Fierro Peralbo (2011), analizan que:

Para calcular el porcentaje de ETP se construye una tabla de tres columnas, en la primera se ubica la clasificación de los organismos, en la segunda la abundancia de cada organismo (es decir la cantidad total encontrada) y en la última columna el número de E.T.P presentes. Luego se divide E.T.P presentes para la abundancia total, y se multiplica por cien para obtener en porcentaje.

Fórmula

$$ETP = \frac{ETPTotal}{AbundanciaTotal} * 100$$

**Tabla 7.****Valores del Índice E.P.T (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)**

Valor	Características	Calidad del agua
75-100%	Sin impacto	Muy buena
50-74%	Levemente impactado	Buena
25-49%	Moderadamente impactado	Regular
0-24%	Severamente impactado	Mala

**Nota:** (Moya, et al., 2011)**7.3.5 Índice de diversidad de SHANNON – WEAVER**

El índice de Shannon-Weaver, uno de los más comunes para determinar la diversidad de especies vegetales que refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores Morena, (2011), deduce que el número de especies presentes y su abundancia relativa para estimar el índice de Shannon - Weaver se aplica la siguiente fórmula:

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

**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.

**Tabla 8.***Evaluación de la diversidad según Shannon.*

Índice de Shannon	Diversidad
3,5 – 5	Alta
1,6 – 3	Media
0 – 1,5	Poca

**Nota:** Cardno, 2016

#### 7.4 Índices de Calidad de Agua Físico- Químico

“Esta calidad se relaciona con las variables físico-químicas y microbiológicas del agua y se estima de acuerdo a la aplicación de índices que contemplan dichos parámetros”. (Salvador, 2010)

##### 7.4.1 Índice de calidad de agua ICA- NSF

El índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del WQI que fue desarrollada por la NSF que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado WQI Salvador (2010), concluye que:

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 saludable o no. Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO3 en mg/L)
- Fosfatos (PO4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)

- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso de agua en estudio como se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

***Clasificación del ICA***

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

**Nota:** (Salvador, 2010)

## **7.5 Parámetros de Calidad de Agua**

### **7.5.1 Parámetros físicos**

“Se basan en parámetros físicos o químicos del agua como pueden ser el pH, los sólidos en suspensión, la temperatura, la DBO5, etc. O en un conjunto de los mismos” (Loné, 2016).

**7.5.1.1 Temperatura.** Los organismos sometidos a cambios estacionales soportan más los cambios de temperatura y sus ciclos de vida están acoplados a estos cambios. Las descargas de aguas a altas temperaturas pueden causar “Daños a la fauna y flora de las agua receptoras al intervenir con la reproducción de especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos no autóctonos. La solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura”. Pérez (2008)



**7.5.1.2 Turbidez.** El grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión. “Debido a que los materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las sustancias determina la transparencia del agua puesto que limita el paso de luz a través de ella“. (Pérez, 2010),

**7.5.1.3 Potencial Hidrógeno.** El logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones (H<sup>+</sup>). El intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítico. “La mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción”. (Pradillo, 2016)

**7.5.1.4 Oxígeno disuelto.** El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. “Determina que los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos”. Assis (2011)

**7.5.1.5 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).** Pérez (2010), apunta que:

Es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. Se expresa en mg O<sub>2</sub>/litro. El método mide la concentración de los contaminantes orgánicos y es aplicable en aguas superficiales continentales (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica.

**7.5.1.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO).** Pérez (2010), asentó:

Que este parámetro como la cantidad de Oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Su determinación permite además calcular las descargas de los efectos de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

**7.5.1.7 Nitratos.** Sigler & Bauder (2018) menciona que:

El nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas y está presente en todos los vegetales y granos, por esta razón, el uso predominante de nitrato en la industria es como fertilizante. El Nitrato son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno. Sin embargo, el nitrato es altamente soluble y es transportado fácilmente cuando fuentes contaminantes entran en contacto con el agua.

**7.5.1.8 Fosfatos.** (Romero, 2015) mencionar que:

Los fosfatos naturalmente se producen en los sedimentos del fondo y en los lodos biológicos, también pueden estar presentes en las rocas siendo un nutriente esencial para todos los organismos y sus procesos metabólicos. Están presentes en gran cantidad en fertilizantes y otros químicos agrícolas.

**7.5.1.9 Sólidos Totales Disueltos.** JIMÉNEZ (2012) menciona que:

Es una medida de las sustancias orgánicas e inorgánicas, en forma molecular, ionizada o micro-granular, que contiene el agua. La fracción coloidal consiste de partículas con diámetro de 10<sup>-3</sup> a 1µm. Concentración de sólidos disueltos en el agua se debe a la presencia de minerales, gases producto de descomposición de materia orgánica, metales y compuestos químicos orgánicos que dan olor, color, sabor y eventualmente toxicidad al agua que los contiene.

## **7.6 Parámetros Microbiológicos**

Londoño (2016), reflexiono que el mayor riesgo microbiano del agua es:

El relacionado con el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta.

### **7.6.1 Coliformes Totales**

Se ha utilizado para denotar organismos Coliformes que crecen a 44-44,5 °C y fermentan la lactosa para producir ácido y gas., expresa que:

“Sin embargo la presencia de Coliformes totales casi siempre indica contaminación fecal. Por lo general, más del 95% de los Coliformes totales aislados son Escherichia coli, cuya presencia es una prueba definitiva de contaminación fecal”. Oshiro (2012)

### **7.6.2 Coliformes Fecales**

“Estas bacterias son de forma bacilar, aerobias y anaerobias facultativas, Gram negativas. Las coliformes no forman esporas y pueden fermentar la lactosa formando un gas en un tiempo de 2 días a una temperatura de 35 o 37 °C”. (Romero,2013)

## **8 MARCO LEGAL**

### **8.1 Constitución de la República del Ecuador**

De acuerdo al Título II, el capítulo segundo de Derechos del Buen Vivir, en los artículos 12 y 15 de la sección primera correspondiente al tema del agua y alimentación se indica que:

“**Art. 12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

De acuerdo al Título II, el capítulo sexto de Derechos de libertad, en el artículo 66 se indica que:

“**Art. 66.-** Se reconoce y garantizará a las personas:

(...)Literal 2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios(...)”(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

De acuerdo al Título VI, el capítulo primero principios generales, los artículos 276 literal 4 y 282 indican que:

“**Art. 276.-** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

(...)Literal 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural(...)”(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

“**Art. 282.-** El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes.

El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental.” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

De acuerdo al Título VI, capítulo quinto Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas los artículos 373, 318 indican que:

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

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

En el Título VII, el capítulo segundo Biodiversidad y Recursos Naturales en la sección sexta Agua los artículos 411, 412 indican que:

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

Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

**“Art. 412.-** La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

De acuerdo al Título VI, capítulo quinto Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas los artículos 373, 318 indican que:

En el Título VII, el capítulo segundo Biodiversidad y Recursos Naturales en la sección séptima Biósfera, ecología urbana y energías alternativas el artículo 413 indica que:

**“Art. 413.-** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y

que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

## **8.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamientos del Agua.**

En el Título II, capítulo segundo Institucionalidad y gestión de los Recursos Hídricos en la sección primera Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua los artículos 18 literal y 25 indican que:

**“Artículo 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua.** Las competencias son:

(...) o) Asegurar la protección, conservación, manejo integrado y aprovechamiento sustentable de las reservas de aguas superficiales y subterráneas (...)” (LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014)

**“Artículo 79.** Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

**(...)Literal e.** Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida (...)” (LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014)

En el Título II, capítulo séptimo Obligaciones del Estado para el derecho humano al agua, sección primera De las Obligaciones y la Progresividad el artículo 83 literal b indica que:

**“Artículo 83.-** Políticas en relación con el agua. Es obligación del Estado formular y generar políticas públicas orientadas a:

(...) **Literal b.** Mejorar la infraestructura, la calidad del agua y la cobertura de los sistemas de agua de consumo humano y riego (...)” (LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014)

### 8.3 Reglamento del Código Orgánico del Ambiente

**Art. 141.-** Áreas de protección hídrica.- La Autoridad Única del Agua establecerá y delimitará las áreas de protección hídrica. La Autoridad Ambiental Nacional las integrará al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, mediante declaratoria; y determinará la categoría de manejo y el subsistema que les corresponda. (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019)

**Art. 167.-** Corredores de conectividad.- La Autoridad Ambiental Nacional determinará los lineamientos y criterios técnicos para el diseño, establecimiento y gestión de los corredores de conectividad.

El diseño, establecimiento y gestión de corredores se fundamentará en la conectividad biológica; guardará equilibrio entre los objetivos de conservación de la biodiversidad y la visión del desarrollo sostenible local y nacional; y se sujetará a los siguientes lineamientos estratégicos:

**a)** El diseño espacial de los corredores deberá garantizar la reducción de la fragmentación de los ecosistemas, particularmente de aquellos considerados frágiles, áreas de endemismo, de recarga hídrica y de alta variabilidad genética, que son de importancia estratégica para el Estado. (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019)

**Art. 261.-** Principios.- La Autoridad Ambiental Nacional expedirá una norma técnica que defina los mecanismos para la gestión de páramos, basada en los siguientes principios:

**e)** Los ecosistemas de páramo cumplen una función fundamental para el desarrollo del país y el bienestar de la población por las fuentes hídricas contenidas en ellos y la cantidad de carbono que albergan, por lo

cual en aquellas áreas alteradas por actividades humanas o naturales y que se determinen como prioritarias para la conservación, la Autoridad Ambiental Nacional deberá fomentarla restauración ecológica. (REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, 2019)

## 8.4 Normas INEN

### 8.4.1 Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras

**8.4.1.1 Disposiciones Generales.** Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo. Principalmente en casos de duda, se debe consultar al analista y/o al especialista que interpretará los resultados, antes de decidir sobre el método preciso de conservación y manipulación.

Las causas de variación son numerosas, algunas de ellas son las siguientes:

**a)** Las bacterias, algas y otros microorganismos pueden consumir ciertos elementos presentes en la muestra; pueden modificar la naturaleza de los constituyentes para producir nuevos. Esta actividad biológica afecta, por ejemplo: al contenido de oxígeno disuelto, al dióxido de carbono, a los compuestos de nitrógeno, fósforo y algunas veces al silicio.

**b)** Ciertos compuestos pueden ser oxidados por el oxígeno disuelto contenido en las muestras o por el oxígeno atmosférico, por ejemplo: compuestos orgánicos, hierro (II), sulfuros, etc.

**c)** Ciertas sustancias pueden precipitar, por ejemplo: calcio, carbonatos, metales y compuestos metálicos como: hidróxido de aluminio,  $Al(OH)_3$ , fosfato de magnesio  $Mg_3(PO_4)_2$ ; o perderse en la fase gaseosa (por ejemplo: oxígeno, cianuro, mercurio).



**d)** El pH, la conductividad, el contenido de dióxido de carbono, etc., pueden modificarse por la absorción del dióxido de carbono del aire.

**e)** Los metales disueltos o en estado coloidal así como ciertos compuestos orgánicos pueden ser absorbidos o adsorbidos irreversiblemente sobre la superficie de los recipientes o por los materiales sólidos contenidos en la muestra.

Como las variaciones en la muestra de agua se deben en gran medida a procesos biológicos, se debe escoger de entre varios métodos de conservación el que no introduzca contaminación inaceptable.

Dependiendo de estas variaciones que afectan las muestras de agua, puede ser necesario, para ciertas determinaciones, tomar muestras individuales en vez de colectivas y analizarlas inmediatamente en el lugar del muestreo. Debe recordarse que el almacenamiento de muestras por períodos largos sólo es posible para la determinación de un número limitado de parámetros. (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.2 Manejo y conservación**

##### **8.4.2.1 Tipos de recipientes**

##### **8.4.2.2 Es muy importante escoger y preparar los recipientes.**

##### **8.4.2.3 Recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:**

**a)** ser causa de contaminación por lixiviación de componentes inorgánicos de recipientes de vidrio (por ejemplo: los de borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio), metales y compuestos orgánicos de los plásticos. Algunas tapas coloreadas pueden contener niveles significativos de metales pesados;

**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).

**d)** tener una superficie a la cual no se puedan aplicar métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra por trazas de constituyentes como metales pesados o radionúclidos. (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.3 Manejo y conservación de muestras para análisis biológico**

Se deben considerar los siguientes criterios para la conservación de las muestras para análisis biológicos:

**a)** El efecto de los conservantes en cuanto a la pérdida de microorganismos debe ser conocido de antemano;

**b)** Los conservantes deben prevenir la degradación biológica de materia orgánica, al menos durante el periodo de almacenamiento;

**c)** Los conservantes debe permitir que los grupos taxonómicos puedan ser estudiados durante el periodo de almacenamiento de las muestras.(NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.4 Recomendaciones generales**

Se debe evitar la contaminación de la muestra, especialmente si la actividad de la muestra es baja. Algunas muestras presentan lecturas de actividad si permanecen en el sol o el aire. Los laboratorios ordinarios y los radioquímicos, así como algunos artefactos domésticos, pueden contener material radiactivo. Algunas botellas de plástico concentran las muestras paulatinamente debido a que se vuelven permeables al agua.(NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.5 Inspección**

##### **8.4.5.1 Muestreo**

##### **8.4.5.2 Llenado del recipiente.**

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 tiende a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).(NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.6 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.(NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

##### **8.4.6.1 Filtración y centrifugación de muestras.**

La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no sea causa de contaminación y que sea cuidadosamente lavado antes del uso, pero de manera compatible con el método final de análisis. (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.7 Adición de conservantes**

Ciertos constituyentes físicos o químicos se estabilizan por la adición de compuestos químicos, directamente a la muestra luego de recolectada o adicionando al recipiente cuando aún está vacío. Los compuestos químicos así como sus concentraciones son muy variados. Los compuestos químicos de más uso son:

- a) ácidos,
- b) soluciones básicas,
- c) biácidos y
- d) reactivos especiales, necesarios para la conservación específica de ciertos elementos (por ejemplo: para la determinación de oxígeno,

cianuros totales y sulfitos se requiere de la fijación para los mismos en la muestra inmediatamente en el sitio de la recolección.(NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.8 *Recepción de las muestras en el laboratorio***

Al arribo al laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido.

Es recomendable para este propósito el uso de refrigeradoras o de lugares fríos y oscuros.

En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra.(NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2013)

#### **8.4.9 *Rotulado***

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 conservantes 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. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (2013)

## 9 PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Existen diferencias significativas en la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los índices de calidad de agua en el río Cunuyacu del Cantón Latacunga - Provincia de Cotopaxi?

¿Los índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el Índice de calidad de Agua (ICA NSF) son adecuados para calcular la calidad de agua del río Cunuyacu?

## 10 MÉTODOS- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

### 10.1 Método Cualitativo

En esta investigación se realizó la identificación de los macroinvertebrados que se encontraron en los tres puntos de muestreos del río Cunuyacu, que mediante la ayuda de una guía de macroinvertebrados ubicamos los niveles taxonómicos de clase, orden y familia.

La primera fase fue la preparatoria esta fase consistió en analizar tanto el área de estudio como en los materiales necesarios para la identificación de macroinvertebrados.

En la segunda fase del trabajo de campo aquí se recolectó la mayor cantidad de muestra de macroinvertebrados.

La tercera fase analítica en este punto mediante una guía taxonómica se fue reconociendo a cada uno de los macroinvertebrados.

La cuarta fase informativa en este último punto identificó la clase, orden y familia de cada macroinvertebrados.

### 10.2 Método Cuantitativo

El método cuantitativo, se llevó a cabo el conteo, mediante su clasificación de acuerdo a las características taxonómicas de los macroinvertebrados acuáticos encontrados. Conjuntamente se comprobó la calidad del agua mediante índices biológicos que asocian a los macroinvertebrados presentes en el área de estudio. Las fases fueron las siguientes:

La primera etapa fue la descripción del problema, en esta fase analizamos cuál es el problema u objetivo que se pretende en el análisis.

La segunda etapa consistió en la preparación del proyecto en este punto se investigó que materiales y herramientas son necesarias.

La tercera etapa fue el trabajo de campo en esta fase con la ayuda de algunas herramientas se recolectó macroinvertebrados en el área de estudio correspondiente.

La cuarta etapa fue la de tabulación en este punto se realizó el conteo correspondiente de los macroinvertebrados recolectados.

### **10.3 Método Inductivo**

El método inductivo se utilizó principalmente para establecer el nivel de contaminación del río Cunuyacu, se recolectó muestras de agua que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su referente análisis para que luego sean comparados con la normativa ambiental vigente (TULSMA). Las fases de este método fueron las siguientes:

En la primera fase se observó el fenómeno de interés, este punto consistió en obtener la información necesaria y los instrumentos necesarios para la medición pertinente.

La segunda fase consistió en establecer los patrones posibles, es decir, se comparó los datos obtenidos por parte del laboratorio para algún indicio o revelación posible.

La tercera parte se elaboró una teoría, en este punto se elaboró una conclusión con todos los datos obtenidos.

### **10.4 Técnicas**

#### ***10.4.1 Técnica Documental***

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

#### ***10.4.2 Técnica De Campo***

En esta técnica se realizó un muestreo in situ al río Cunuyacu para la toma de muestra del proyecto de investigación.

#### ***10.4.3 Técnica De Laboratorio***

Esta técnica apoyó con los análisis arrojando resultados y revelando hallazgos de las muestras tomadas en el río Cunuyacu.

### **10.5 Instrumentos**

#### ***10.5.1 Arcgis***

Es un sistema que permite elaborar mapas geográficos el cual ayudó a delimitar los puntos de muestreo y la georreferenciación del río Cunuyacu.

### ***10.5.2 IQA Data***

Es un software dedicado al desenvolvimiento y aplicación de diferentes índices de calidad de agua de acuerdo a un rango de índices que puede ser de muy mala hasta excelente de acuerdo a los parámetros que se van analizar.

### ***10.5.3 Fichaje***

Sirvió para la recolección de información a investigar anotando los hechos o datos significativos mediante algunas observaciones directas.

### ***10.5.4 GPS***

Permitió determinar la posición geográfica de los puntos de análisis donde se realizó la toma de muestra.

### ***10.5.5 Guía Taxonómica***

Mediante esta guía se pudo reconocer el tipo de clase, orden y familia de los resultados de las tomas de muestras realizadas.

### ***10.5.6 Microscopio***

Ayudó en la identificación de los macroinvertebrados para ver con más detalle las partes pequeñas que los componen, como su estructura, tamaño, forma.

### ***10.5.7 EPP***

El equipo de protección personal ayuda a prevenir la propagación de microbios en la toma de muestra.

Como primer objetivo específico de nuestro trabajo de investigación se basó en delimitar los puntos de estudio mediante georeferenciación del área. Esto se realizó mediante una visita in situ al área de estudio. Para luego seleccionar los puntos (alto, medio y bajo) de estudio de acuerdo al entorno actual que presenta el área.

Una vez realizado esta actividad seguimos con nuestro segundo objetivo que es identificar taxonómicamente los bioindicadores (macroinvertebrados) muestreados en los puntos de estudio del río Cunuyacu. Durante los meses de estudio del río Cunuyacu se realizó trabajos de muestreo en campo en cada uno de los puntos. Otra actividad que se llevó a cabo fue el reconocimiento y clasificación de los bioindicadores en el laboratorio con el apoyo de una guía taxonómica.

Para nuestro tercer objetivo específico fue evaluar la calidad del agua del río Cunuyacu mediante la aplicación de los Índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver)

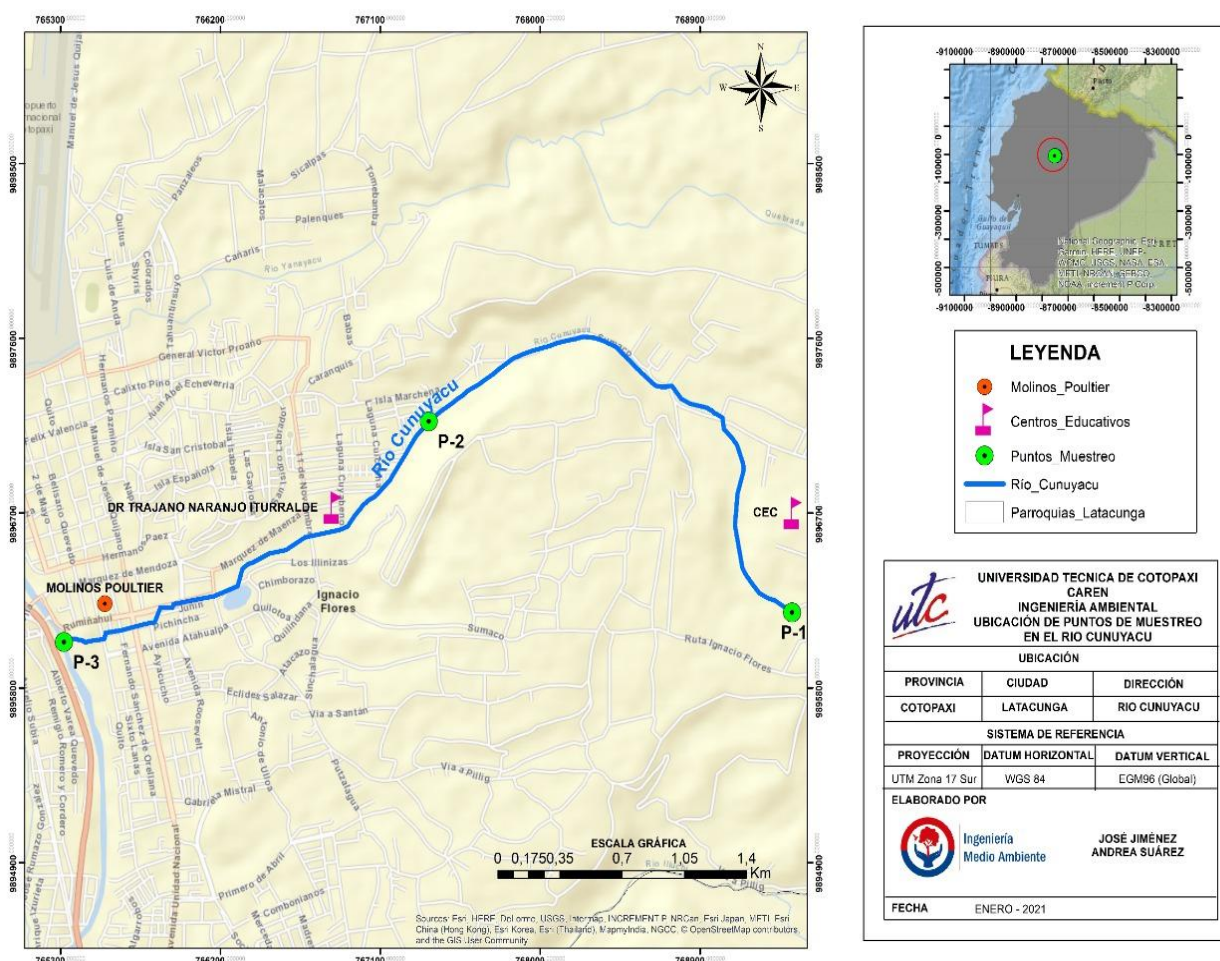
y el Índice de calidad de Agua (ICA NSF) para su comparación con la normativa ambiental vigente. Para conocer la calidad del agua del río se realizó cálculo de los índices biológicos BMWP/col, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver y cálculo del índice de calidad de agua ICA NSF y su comparación con la normativa ambiental vigente para esto tuvimos que optar por realizar muestreo y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua.

## 11 METODOLOGÍA

### 11.1 Descripción del Área de Estudio

#### Ilustración 1.

#### Mapa de Ubicación



Nota: Elaborado por Autores.



## 11.2 Ubicación del Estudio

El río Cunuyacu nace de una vertiente situada en el barrio Locoá, siguiendo el recorrido por los sectores: Parroquia Juan Montalvo, La Laguna, Molinos Poulter, (ESTE: 769417,839; NORTE: 9896187,88) para desembocar en el río Cutuchi (ESTE: 765320,470; NORTE: 9896035,31) en la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Se encuentra a una altitud promedio de 2780 msnm y se encuentra en la zona 17 M. Para determinar los puntos de muestreo se tomará en cuenta las consideraciones generales para la selección e identificación de los puntos de muestreo: seguridad, accesibilidad y legalidad que sea estratégico y operacional, a más de ello considerando el afluente del caudal.

## 11.3 Descripción del Sitio del Estudio

**Tabla 10.**

*Coordenadas del Sitio de Muestreo*

COORDENADAS			
PUNTOS	X	Y	LUGAR
P1	769417,839	9896187,88	Parroquia Juan Montalvo
P2	767373,691	9897171,87	La Laguna
P3	765320,470	9896035,31	Molinos Poulter

**Nota:** Elaborado por Autores

**P1, Parroquia Juan Montalvo.-** Zona donde a simple vista se observó que es un área con abundante bosque primario, cabe recalcar que no tiene una buena accesibilidad. El tipo de sustrato que se encuentra es mixto (rocoso, hojarasca, vegetación), se pueden encontrar aguas rápidas como lentas, zonas profundas y muy superficiales, es un ecosistema muy heterogéneo, a las orillas del río encontramos una considerable acumulación de basura. Se encontraron especies vegetales como: *Oreopanax ecuadorensis* (Pumamaqui), *Opuntia ficus-indica* (Tuna), *Agave americana* (Penco), *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), *Pinus* sp (pino) y *Cupressus* sp (ciprés). En relación a la fauna en este punto se encontró animales como: *Bos taurus taurus* (Toro), *Suscrofa domestica* (Cerdos), *Gallus domesticus* (Gallos),

*Streptopelia turtur* (Tortolas), *Columba livia* (Palomas), *Rattus sp* (Ratas), *Mus musculus* (Ratón) y *Canis lupus familiaris* (Perros). En relación al clima su temperatura es de 14,1 °C, con una precipitación de 296,1 mm, su humedad de 73.4% y con vientos de 61,4 Km/h.

**P2, La Laguna.-** Zona de descarga de aguas servidas, al igual uso del río para el lavado clandestino de ropa, acumulación de basura tanto en el río como en sus alrededores, presencia de ganado por el área, una escasez de vegetación. El cauce del río es más amplio con una considerable corriente, su profundidad disminuye. Su sustrato es arenoso y abundantes piedras. Se encontraron especies vegetales como: *Oreopanax ecuadorensis* (Pumamaqui), *Opuntia ficus-indica* (Tuna), *Agave americana* (Penco), *Pennsetum clandestinum* (kikuyo), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), *Pinus sp* (pino) y *Cupressus sp* (ciprés). En relación a la fauna en este punto se encontró animales de granja como: *Bos taurus taurus* (Toro), *Suscrofa domestica* (Cerdos), *Gallus domesticus* (Gallos), *Streptopelia turtur* (Tortolas), *Columba livia* (Palomas), *Rattus sp* (Ratas), *Mus musculus* (Ratón) y *Canis lupus familiaris* (Perros). En relación al clima su temperatura es de 14,1 °C, con una precipitación de 296,1 mm, su humedad de 73.4% y con vientos de 61,4 Km/h.

**P3, Molinos Poulitier.-** Zona de descarga de aguas servidas, abundante acumulación de basura en el río, visualización de ganado por los alrededores del río. El cauce del río disminuye y la profundidad aumenta, la corriente es fuerte y el golpe de agua es considerable. Hay vegetación intervenida, predomina el pastizal. El tipo de sustrato que se encuentra es mixto (rocoso, hojarasca, vegetación). . Se encontraron especies vegetales como: *Oreopanax ecuadorensis* (Pumamaqui), *Opuntia ficus-indica* (Tuna), *Agave americana* (Penco), *Pennsetum clandestinum* (kikuyo), *Eucalyptus globulus* (Eucalipto), *Pinus sp* (pino) y *Cupressus sp* (ciprés). En relación a la fauna en este punto se encontró animales como: *Bos taurus taurus* (Toro), *Streptopelia turtur* (Tortolas), *Columba livia* (Palomas), *Rattus sp* (Ratas), *Mus musculus* (Ratón) y *Canis lupus familiaris* (Perros). En relación al clima su temperatura es de 14,1 °C, con una precipitación de 296,1 mm, su humedad de 73.4% y con vientos de 61,4 Km/h.

## **11.4 Técnica de Muestreo en Aguas poco Profundas**

### ***11.4.1 Análisis de Muestra de Macroinvertebrados***

Para el muestreo de macroinvertebrados se efectuó la toma de ejemplares en los tres puntos diferentes del río Cunuyacu tomando en cuenta la mayor influencia ya sea industrial o concentraciones de población considerables.

Tras la recolección de muestras se efectuó su debido análisis, para esto se utilizó un microscopio y láminas claves para reconocer los diferentes macroinvertebrados encontrados en los diferentes puntos de muestreos. Los ambientes en los que viven los macroinvertebrados requieren del uso de una amplia variedad de técnicas y de instrumentos diferentes para su captura y posterior estudio.

### ***11.4.2 Materiales***

- Frascos de vidrio para muestras
- Pinzas entomológicas
- Lupa
- Bandeja blanca
- Red patada
- Red Surber
- Botas y guantes de hule
- Aguja de disección
- Alcohol 70%
- Cooler
- Etiquetas

### ***11.4.3 Procedimiento***

- El muestreo de macroinvertebrados se realizó con una red Surber y red patada, 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.

- Una vez obtenidas las muestras, se depositan en una bandeja blanca grande y se limpian los sustratos minerales u orgánicos grandes (cantos, hojarasca grande, ramas, etc.)

teniendo precaución de lavarlos cuidadosamente para desprender los macroinvertebrados que pudieran estar sobre los mismos.

- 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 para sus respectivos análisis Físico- Químico y Microbiológico.

### **11.5 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.

#### ***11.5.1 Materiales***

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

#### ***11.5.2 Procedimiento de Muestreo***

- 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.

## 12 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 11.

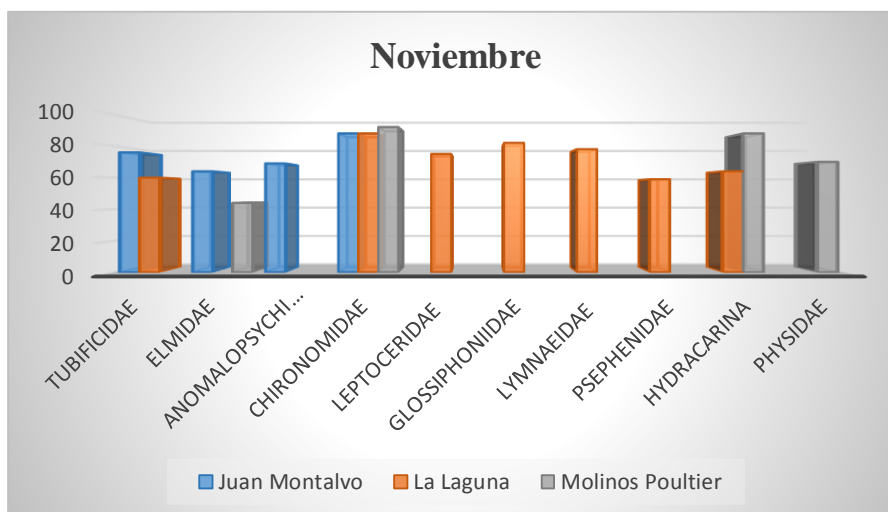
*Resultados de la calidad de agua del río Cunuyacu correspondiente al mes de noviembre*

Punto de muestreo	Río Cunuyacu						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	Calidad del Agua							
	BM WP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
<b>Parroquia Juan Montalvo</b>	19	Crítica	16	Malo	29,6 3%	Regular	1,99	Normal
<b>La Laguna</b>	36	Dudosa	24	Malo	14,8 2%	Malo	2,79	Normal
<b>Molinos Poultier</b>	19	Crítica	12	Pésimo	0%	Malo	1,54	Normal

Nota: Elaborado por Autores.

Gráfico 1.

*Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de noviembre*



Nota: Elaborado por Autores.

En el mes de noviembre en el punto uno correspondiente a la Parroquia Juan Montalvo y en el punto tres Molinos Poulter, de acuerdo al índice BMWP/Col con un valor de 19 en ambos puntos muestra que presentan una calidad Crítica representado por la escala de color naranja, mientras en el índice ABI presentan una calidad de malo en la Parroquia de Juan Montalvo y Pésimo en los Molinos Poulter con un valor de 12 correspondiente al índice ABI.

En el índice EPT en la Parroquia Juan Montalvo se obtuvo un porcentaje de 29,63 mientras en los Molinos Poulter un 0%. De acuerdo al índice de SHANNON – WEAVER presenta una biodiversidad normal de especies, donde existen un total de cuatro familias correspondientes a las clases: Insecta, Anélidos, Gastrópoda y Gordioidea mientras que en los Molinos Poulter se presenció a cuatro familias, y entre ellas corresponde a las clases: Insecta, Gastrópoda, Gordioidea y Arachnida.

En el punto dos corresponden al sector de La Laguna con un índice de BMWP/Col con un valor de 36 representa un resultado de calidad Dudosa y se ubica en la escala de color amarillo, mientras que los índices de ABI con 24 y EPT con 14,82% su calidad se muestra Malo pese a la existe de especies del orden Trichoptera correspondiente de la familia Anomalopsychidae. De acuerdo al índice de SHANNON-WEAVER su biodiversidad es normal y existe un número total de siete familias, las cuales dos de ellas corresponden a la clase Insecta, dos a Anélida, y las restantes a Gastrópoda, Gordioidea y Arachnida.

Tabla 12.

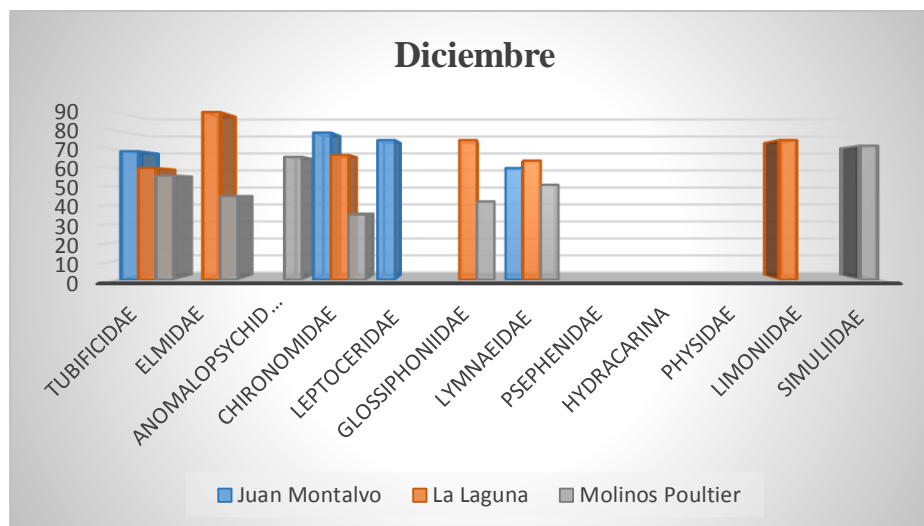
*Resultados de la calidad de agua del río Cunuyacu correspondiente al mes de Diciembre*

Punto de muestreo	Río Cunuyacu						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	Calidad del Agua							
	BM WP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Parroquia Juan Montalvo	15	Muy Crítica	12	Pésimo	26,6 5%	Regular	1,99	Normal
La Laguna	21	Crítica	16	Malo	0%	Malo	2,57	Normal
Molinos Poulter	34	Crítica	27	Malo	17,9 8%	Malo	2,77	Normal

Nota: Elaborado por Autores.

Gráfico 2.

Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de diciembre



Nota: Elaborado por Autores.

En la Parroquia Juan Montalvo respecto a los índices BMWP/Col con un valor de 15 que representa un estado muy Crítico, mientras que con el índice ABI con 12 que indica valor pésimo y en el índice EPT con un valor de 26,65% presenta un resultado de calidad regular, representando en la escala de color rojo pese a la existe de especies del orden Trichoptera existen un total de cuatro familias correspondientes a las clases Insecta, Anélidos, Gordioidea y Gastrópoda, de acuerdo al índice de SHANNON – WEAVER su biodiversidad es normal con un valor de 1,99.

El segundo punto corresponde al sector de la Laguna tiene un índice de BMWP/Col con un valor de 21, y en el tercer punto que corresponde a los Molinos Poulthier con un valor de 34 ambos puntos presentan una calidad Crítica que se representa por el color naranja, mientras que según el índice de ABI con 16 y el índice EPT con 0% mientras que en el sector Molinos Poulthier un índice de ABI de 26 y el índice EPT del 17,98 % su calidad muestra Malo pese a la existe de especies del orden Trichoptera en el sector de los Molinos, existe un total de 7 familias que corresponden a las clases : Insecta, Gastrópoda, y Anélidos mientras que en la Laguna existe un total de seis familias que corresponden a las clases: dos de Insecta, dos Anelidos y los restantes de Gastrópoda, Gordioidea. De acuerdo al índice de SHANNON-WEAVER en el sector de la laguna tiene un valor de 2,57 y en los Molinos Poulthier un valor de 2,77 su biodiversidad es normal.



Tabla 13.

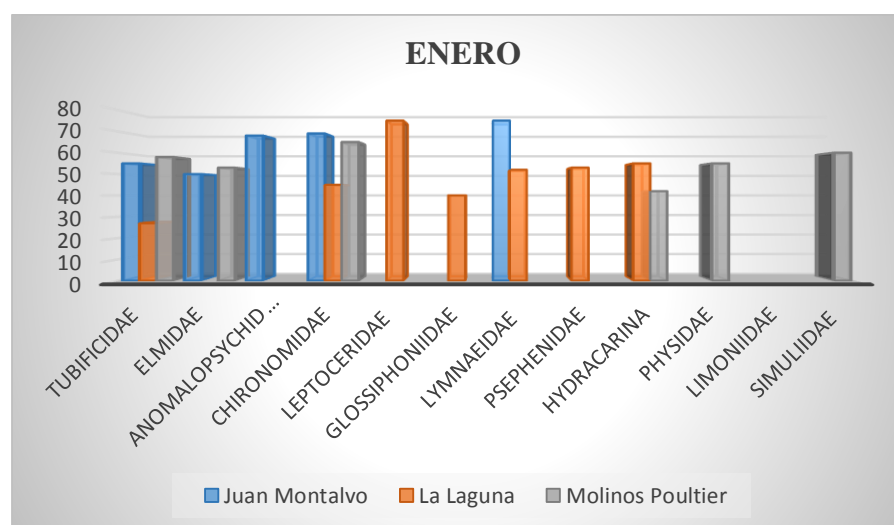
Resultados de la calidad de agua del río Cunuyacu correspondiente al mes de Enero

Punto de muestreo	Río Cunuyacu						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	Calidad del Agua							
	BM WP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Parroquia Juan Montalvo	23	Crítica	19	Malo	21,45 %	Malo	2,31	Normal
La Laguna	36	Dudoso	24	Malo	21,61 %	Malo	2,34	Normal
Molinos Poulter	28	Crítica	18	Malo	0%	Malo	2,57	Normal

Nota: Elaborado por Autores.

Gráfico 3.

Familias de macroinvertebrados muestreados en el mes de Enero



Nota: Elaborado por Autores.

En el primer punto correspondiente a la Parroquia Juan Montalvo con un índice de BMWP/Col con un valor de 23, y en los Molinos Poulthier con un valor de 28 ambos puntos presentan una calidad Crítica que se representa por el color naranja mientras que según el índice de ABI con 19 y el índice EPT con 21,45% su calidad de muestra arroja un resultado malo mientras que en el sector de los Molinos Poulthier un índice de ABI de 18 y el índice EPT de 0% su calidad muestra un resultado malo. En el sector de los Molinos Poulthier existe un total de 6 familias que corresponden a las clases: dos de Insecta, Gastrópoda, Arachnida, Gordioidea y Anélidos mientras que en la Parroquia Juan Montalvo existe un total de cuatro familias que corresponden a las clases: dos de Insecta, Anélidos, y Gordioidea. De acuerdo al índice de SHANNON-WEAVER en el sector de la Parroquia Juan Montalvo tiene un valor de 2,31 y en los Molinos Poulthier un valor de 2,57 su biodiversidad es normal.

En la Laguna respecto a los índices BMWP/Col con un valor de 36 representando en la escala de color amarillo dando como resultado una calidad del agua Dudosa, ABI con 24 y EPT del 26,61% presenta un resultado de calidad mala, de acuerdo al índice de SHANNON – WEAVER su biodiversidad es normal y existen un total de siete familias correspondientes a las clases Arachnida, Gastropoda, Gordioidea, Insecta y Anélidos.

Tabla 14.

## Comparación de los resultados Físico - Químicos y Microbiológicos

Parámetro Analizado	Unidad	RESULTADO DE ANÁLISIS						TULSMA Uso Agrícola o riego	Criterio de resultados COMPARACIÓN					
		Río Cunuyacu							Parroquia Juan Montalvo	La Laguna		Molinos Poultier		
		Parroquia Juan Montalvo		La Laguna		Molinos Poultier				Nov.	Dic.	Nov.	Dic.	Nov.
DBO 5	mg/L	0,32	<4,75	2,48	<4,75	8,64	10,11	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
DQO	mg/L	0	<10,0	11	<10,0	48	26,1	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Fosfatos	mg/L	0,899	1,47	1,333	1,26	1,623	1,39	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Nitratos	mg/L	1,61	5,69	1,66	7,50	0,48	7,18	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Oxígeno Disuelto	mg/L	25,56	50,79%	13,70	45,56 %	7,90	3,81%	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
pH	Unidad pH	8,24	7,45	8,60	7,75	8,67	7,92	6,5 -9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Solidos Totales	mg/L	489,0	518,0	485,0	476,0	494,0	536,0	3000,0	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Turbidez	NTU	3,9	15,5	4,04	6,1	5,71	5,7	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Temperatura	°C	15,4	12,7	17,8	14,3	19,5	15,9	NA	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Coliformes Fecales	NMP /100mL	52	170,0	291	220,0	143	220	1000	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
ICA NSF		<b>61,92</b>	<b>45,62</b>	<b>50,18</b>	<b>46,79</b>	<b>53,14</b>	<b>40,65</b>		<b>MALO</b>					

Nota: Elaborado por Autores.

El índice de calidad de agua (ICA) permitió evaluar e informar acerca de la calidad del recurso hídrico del río Cunuyacu, por lo cual en el presente proyecto de investigación se aplicó el modelo de Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA- NSF); donde se evaluó 9 parámetros (Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda química de Oxígeno, Fosfatos, Nitritos, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales, pH, Turbidez, Temperatura y Coliformes fecales), los cuales fueron determinados en los monitoreo correspondientes a los 3 puntos de estudio (P1: Parroquia Juan Montalvo, P2: La Laguna, P3: Molinos Poulitier) en los meses de noviembre y diciembre del 2020.

Los resultados obtenidos mediante el software IQADATA se muestran en la tabla (14), correspondientes al análisis Físico- Químicos y Microbiológicos demostró que los tres puntos monitoreados (P1: Parroquia Juan Montalvo, P2: La Laguna, P3: Molinos Poulitier) en los meses de noviembre y diciembre del 2020 se encuentran en un rango de calidad Malo, de acuerdo a la escala de clasificación del ICA-NSF; los puntajes obtenidos se ubican en la escala de 26 a 50 correspondiente al color Rojo, de acuerdo a los resultados de los parámetros pH, Sólidos Totales y Coliformes Fecales se mantienen dentro de los Límites Máximos Permisibles.

Según la Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes (recurso agua) del Libro VI, Anexo 1, Tabla 3. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola. Para Ecuador la normativa establece que el agua para uso agrícola debe ser máximo a los 1000 NMP/100 mL (Número más Probable por 100 mililitros de agua) en Coliformes Fecales), y un rango de pH óptimo de 6,5 -9 de Sólidos Totales un rango de 3000.0 mg/L y aquellos parámetros que se encuentran con la nomenclatura NA (No Aplica), se debe a que dentro del Libro VI, Anexo 1, Tabla 3, no se encuentran disponibles para su respectiva comparación.

Tabla 15.

*Cuadro comparativo de los muestreos realizados en los meses de noviembre, diciembre y enero.*

<b>RÍO CUNUYACU</b>											
Punto de muestreo	MES	Calidad del Agua						Biodiversidad SHANNON - WEAVER	CAUDAL m3/s	ABUNDANCIA	
		BMWP/col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad				
Parroquia Juan Montalvo	Nov	19	Crítica	16	Malo	29,63%	Regular	Normal	1,99	0,5 m3/s	297
	Dic	15	Muy Crítica	12	Pésimo	26,65%	Regular	Normal	1,99	0,7 m3/s	283
	Ene	23	Crítica	19	Malo	21,45%	Malo	Normal	2,31	0,6 m3/s	317
La Laguna	Nov	36	Dudosa	24	Malo	14,82%	Malo	Normal	2,79	0,6 m3/s	506
	Dic	21	Crítica	16	Malo	0%	Malo	Normal	2,57	0,8 m3/s	431
	Ene	36	Dudoso	24	Malo	21,61%	Malo	Normal	2,34	0,7 m3/s	347
Molinos Poulthier	Nov	19	Crítica	12	Pésimo	0%	Malo	Normal	1,54	0,6 m3/s	294
	Dic	34	Crítica	27	Malo	17,98%	Malo	Normal	2,77	0,8 m3/s	367
	Ene	28	Crítica	18	Malo	0%	Malo	Normal	2,57	0,9 m3/s	333

**Nota:** Elaborado por Autores.

La calidad de agua acorde a los resultados obtenidos durante los muestreos ejecutados en los meses de noviembre, diciembre y enero, con la información adquirida sobre la abundancia y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados y los valores físico-químicos del agua, se determinó el Índice BMWP/Col en el punto uno de estudio corresponde a la Parroquia Juan Montalvo se encuentra Crítico, mientras que el Índice ABI el resultado tiene a ser Malo en el mes de noviembre y enero, mientras que en el mes de diciembre tiene a ser Pésimo; con respecto al Índice E.P.T se ubica en una calidad Regular en los meses noviembre, diciembre y en enero con un resultado de calidad Malo, en lo que concierne al Índice SHANNON- WEAVER se presenta una biodiversidad normal que va desde 1,99 en el mes de noviembre y diciembre este siendo él un valor intermedio, seguido del mes de enero con un valor de 2,31.

En el punto dos correspondiente al sector La Laguna, de acuerdo al Índice BMWP/col muestra una calidad Dudosa en el mes de noviembre y enero mientras que en los meses de diciembre presenta un resultado de calidad Crítico, con respecto al Índice ABI con un resultado de calidad Malo en los tres meses, en lo que concierne al índice E.P.T durante los tres meses arrojó una calidad Malo en cuanto a su biodiversidad es normal con valores que van de 2,79 en el mes de noviembre, en el mes de diciembre 2,57 y para el mes de enero 2,34.

La calidad de agua con respecto al punto tres que corresponde al sector de los Molinos Poulitier de acuerdo al Índice BMWP/col se muestra que en los tres meses de estudio su resultado es una calidad Crítica, en lo que concierne al Índice ABI en noviembre un resultado de calidad Pésimo, diciembre y enero presenta una calidad Malo, en cuanto a su biodiversidad es normal en el mes de noviembre con un valor de 1,54, diciembre con un valor 2,77 siendo este el más alto y finalmente en enero con un valor de 2,41.

Se recolectaron un total de 3175 macroinvertebrados acuáticos, las especies más comunes y abundantes que se encontró en el río Cunuyacu corresponden a las familias de Chironomidae, Tubificidae y Elmidae que dentro de los índices BMWP/col y ABI tienen una puntuación señalada para determinar la calidad de agua, por lo general son especies que resisten ambientes contaminados, mientras que en el Índice E.P.T las especies más comunes pertenecen a las familias de Anomalopsychidae, Leptoceridae que generalmente son especies sensibles a los diferentes ambientes, por lo tanto son considerados como especies claves para determinar un cierto grado de contaminación de agua. Los resultados de los análisis físicos -químicos y microbiológicos, en comparación con la Tabla 3: Criterios de Calidad de Aguas Para Riego

Agrícola, los parámetros se mantienen dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I de la Tabla ya mencionada.

### 13 DISCUSIÓN

#### Calidad de Agua por Presencia o Ausencia de Macroinvertebrados

Identificados las especies de macroinvertebrados acuáticos, en el P1: Parroquia Juan Montalvo; P2: La Laguna y P3: Molinos Poulter se evidencia la presencia en los muestreos de individuos del Orden Trichoptera, Familias Anomalopsychidae y Leptoceridae. Estos tienen el carácter de selectivo en cuanto a su hábitat, estos se desarrollan en aguas lóxicas ligeramente contaminadas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida (Roldán, 2003). En los sectores de La Laguna y en los Molinos Poulter las familias Tubificidae, Lymnaeidae y Glossiphoniidae determinaron una calidad de agua muy contaminada debido a que son especies que soportan y aguantan ambientes contaminados. (Custodio & Chanamé, 2016)

En el P1: Parroquia Juan Montalvo es importante indicar la presencia de individuos de la Familia Tubificidae comúnmente conocidos como gusanos anillados o lombrices acuáticas. Están entre las más diversas familias de dípteros Chironomidae, que se caracterizan porque juegan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos como eslabones en la red trófica; al consumir principalmente materia orgánica.(ENRIQUES et al., 2013). Otra familia identificada es Elmidae común en ambientes lóxicos todos los estadios larvales como la mayoría de los adultos viven completamente sumergidos; otros son riparios, encontrándose en las inmediaciones de los cuerpos de agua donde ingresan para alimentarse y oviponer. (Oscoz et al., 2011).

Hay que tomar en cuenta la presencia de la Familia Lymnaeidae nombre común de los caracoles de estanque, es una familia taxonómica de pequeños a grandes caracoles de agua dulce que respiran aire, moluscos gasterópodos pulmonares acuáticos (Nava et al., 2011).

En el Punto 2 de muestreo se evidencia la presencia de las Familia: Psephenidae larvas, que habitan en el agua, se asemejan a una pequeña moneda de cobre (penique). Las larvas por lo general se alimentan por la noche de algas en las superficies rocosas. (M. Álvarez, 2010). Son propios de agua subtropicales pudiendo desarrollarse en aguas contaminadas (Arcos et al., 2015). Hidracarina es unas familias más sensibles de este orden, se le considera como un grupo

de insectos megadiverso que habitan en el agua dulce. Viven en aguas con alta oxigenación. Otras especies encontradas y propias de aguas contaminadas, pertenecen a las familias Limoniidae.

En el Punto 3 de estudio se encuentran Familias predominantes como: Physidae es una familia de caracoles de agua. Son fáciles de mantener, se alimentan de la misma comida que los Planorbis: "comida para peces de fondo, lechuga, calabacin, zanahoria, etc" Toleran temperaturas de 13 a 30 °C. Son hermafroditas, pero son necesarios dos individuos para reproducirse, Simuliidae conocidos vulgarmente como moscas negras, son una familia de dípteros nematóceros de pequeño tamaño, de color generalmente oscuro y que se diferencian de los mosquitos por tener el cuerpo más rechoncho. (Oscoz et al., 2011).

#### Parámetros Físico - Químicos y Microbiológicos

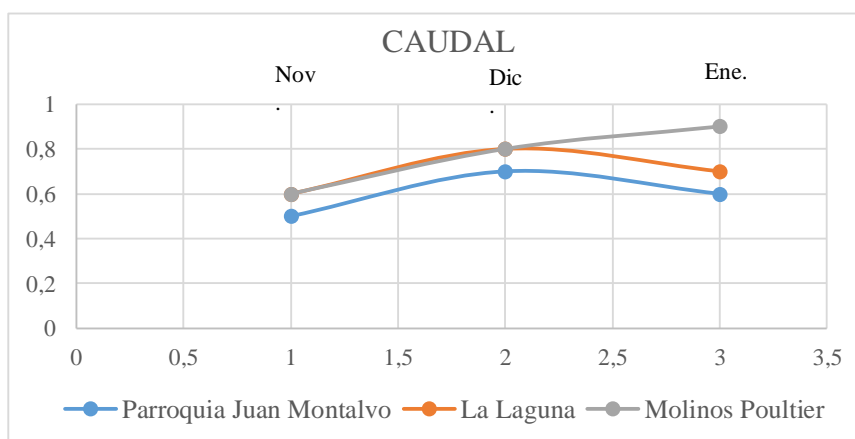
Los macroinvertebrados acuáticos son los más recomendados por Alba-Tercedor, debido a que presenta numerosas ventajas y está basado en la ponderación de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental (SÁNCHEZ, 2015); sin embargo, el método físico-químicos se basa en los análisis de nueve parámetros (OD, DBO5, CF, N, P, T, ST, Turbidez, pH) que suelen ser más fáciles de analizar y pueden ser monitoreados con más frecuencia. (COELLO, 2013) En esta investigación se utilizó cuatro índices biológicos y un índice físico-químico con la finalidad de evaluar el origen de los contaminantes y su influencia en la calidad del agua.

Los análisis físicos-químicos y microbiológicos realizados en los meses de noviembre y diciembre en el río Cunuyacu en los tres puntos de muestreo arrojaron que los parámetros de pH tiene un resultado de (8,10), mientras que los Sólidos Totales un valor de (499,66 mg/L) y Coliformes Fecales de (183 NMP/100mL) del cuerpo hídrico Cunuyacu se encuentra a niveles aceptables para coliformes en sus tres puntos de estudio, ya que presentan valores bajos al Límites Máximos Permisibles. Según la Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes (recurso agua) del Libro VI, Anexo 1, Tabla 3. Criterio de calidad admisible para aguas de uso agrícola. Para Ecuador la normativa establece que el agua para uso agrícola debe ser máximo a los 1000 NMP/100 mL (Número más Probable por 100 mililitros de agua) en Coliformes Fecales), y un rango de pH óptimo de 6,5 -9 de Sólidos Totales un rango de 3000.0 mg/L



**Gráfico 4.**

*Caudal correspondiente a los meses de noviembre, diciembre y enero.*



**Nota:** Elaborado por Autores.

(ROSAS, 2014) determina que existe una gran diferencia en los resultados de macroinvertebrados encontrados ya que su abundancia es mayor en invierno que en verano por el aumento de caudal del río. Si bien influye, el incremento mencionado, en la aparición, aumento o disminución de algunas especies no imposibilita el hacer comparaciones ya que la técnica empleada en el estudio para la captura de macroinvertebrados fue estándar para cada sitio y para cada época del año, por tal motivo no se evidenció una relación entre el crecimiento hídrico y los índices de calidad. (Acosta et al., 2012)

Los datos obtenidos por la investigación evidencian un incremento considerable del caudal en el río Cunuyacu, debido a que en el P3: Molinos Poulitier durante el mes de enero existió abundantes precipitaciones, esto pudo ser un factor para la abundancia de macroinvertebrados fue habitual para cada sitio y para cada época del año, por tal motivo se evidenció una relación entre el crecimiento hídrico y los índices de calidad del agua ICA indica que un río que este en óptimas condiciones debe obtener un puntaje alto dentro de su rango de calificación que va entre 0 a 100, de ser un valor mínimo se sobreentiende que el agua contiene mayor contaminación, una vez analizados los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se enviaron al laboratorio se obtuvo un valor ICA 40,65 y 61,92, lo que indica que el agua es de Mala calidad que se encuentra en una escala de color Rojo y los índices biológicos (BMWP/col, ABI, EPT, que constituye una calidad de agua Crítica de clase IV que

representa un color Naranja, ABI y E.P.T, en ambos índices presenta un resultado de calidad del agua Malo.

## RESPUESTA A LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

**¿Existen diferencias significativas en la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con los índices de calidad de agua en el río Cunuyacu del Cantón Latacunga - Provincia de Cotopaxi?**

Si existen diferencias significativas esto es debido a la influencia de varios factores que están asociados al tiempo hidrológico en el que se realizó el muestreo, las altas precipitaciones influyeron en el aumento del caudal dando como resultado una variabilidad significativa en el comportamiento (presencia- ausencia) de dichas comunidades. Para evaluar la estructura de la comunidad se calculó la riqueza taxonómica, la densidad en individuos y la diversidad mediante el índice de Shannon-Wiener se aplica la siguiente fórmula:

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

Se recolectaron 3175 individuos de macroinvertebrados acuáticos, agrupados en 12 familias con un índice de biodiversidad alto de 6,96. Para calcular el índice de calidad de agua (ICA- NFS) se utilizó un software (IQA DATA), el cual arrojó valores de acuerdo al rango del índice que puede llegar a ser de muy mala hasta excelente calidad del agua, para el tramo en estudio del río Cunuyacu, el cual fue calculado a partir de los ocho parámetros físico-químicos y un parámetro microbiológico, se obtuvo un resultado de calidad del agua Malo.

**¿Los índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el Índice de calidad de Agua (ICA NSF) son adecuados para calcular la calidad de agua del río Cunuyacu?**

Dado que uno de los principales usos del agua en río Cunuyacu es para consumo de riego, se determinó que los indicadores más adecuados son el índice de calidad del agua ICA-NSF y los índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) se tiene un resultado

similar ya que los índices biológicos ya antes mencionados que evidencia procesos contaminantes a lo largo de los puntos de muestreo del río.

El índice BMWP/col es adecuado para conocer el nivel de familia y los datos son cualitativos, es decir, da información de la presencia o ausencia de los organismos a través de este índice se determinó la calidad del agua con un valor de 25,66 dando como resultado una calidad del agua Crítica de clase IV en una escala de color Naranja.

El índice ABI permite clasificar la calidad ecológica de un sistema y es adecuado porque el río Cunuyacu tiene una altitud superior a los 2000 m.s.n.m. con un valor de 18,66 y el índice de EPT se toma en consideración la abundancia de tres órdenes de insectos: Ephemeroptera (mayor tolerancia a la contaminación), Trichoptera (tolerancia media) y Plecoptera (no tolera la contaminación y solo existe en aguas limpias) con un valor de 14,68 ambos se encuentran en Mala calidad del agua en lo que concierne con el índice de diversidad Shannon – Weaver es de 6,96 esto quiere decir que en el río Cunuyacu existe una biodiversidad alta.

Por ello se logra estimar el resultado de las intervenciones humanas en los ecosistemas en base a criterios biológicos, esto se da por las descargas aguas residuales y acumulación de basura. Se logró recolectar un total de 3175 individuos de macroinvertebrados agrupados en 12 familias; que de acuerdo al número de familias reportadas y en diferencia con el nivel de tolerancia de cada familia y aplicando los índices biológicos se establece la calidad del agua en el río Cunuyacu como calidad del agua Mala.

Por lo tanto el índice de calidad del agua ICA-NSF es adecuado porque permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado una vez analizados los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se obtuvo un valor ICA obtenidos a través del software IQADData en donde su valor se encuentra entre 40,65 y 61,92, lo que indica que el agua es de Mala calidad que se encuentra en una escala de color Rojo.

## **14 IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **14.1 Social**

Tomando en cuenta los resultados obtenidos mediante el análisis de la investigación se determinó el rango de calidad de agua del río Cunuyacu es Mala. Informando los resultados

obtenidos deberán tomar las medidas necesarias para la conservación y protección del recurso hídrico, lograr la restauración y aprovechar de mejor manera el uso del agua. Por lo tanto esto será emitido y puesto a conocimiento a la población y a las autoridades pertinentes ya que este es utilizado para el regadío y también es empleado para el área de la ganadería, a consecuencia de esto se puede dar severos casos de intoxicación tanto para el sector de la ganadería como en el sector agrícola.

#### **14.2 Ambiental**

En el recorrido del río Cunuyacu, mediante las diversas visitas que se realizaron en los diferentes puntos de estudio, se observó intervenciones antrópicas desde el inicio en la parroquia Juan Montalvo hasta el final de su trayecto que se ubica en los Molinos Poulter, es decir, se encontró diferentes residuos que afectan a la calidad del agua como son la basura, ropa usada, aguas servidas tanto de urbanizaciones como de empresas y también residuos por parte del sector ganadero. Tras estos actos se ha ido deteriorando el recurso hídrico y el uso en él por parte de los moradores. Mencionado estos detalles se debe dar a conocer tanto a la población como a las autoridades y concientizar que el río se encuentra en un muy mal estado, demasiado contaminado por lo cual se deberá tomar las debidas correcciones ya que la calidad de agua está en unos niveles alarmantes.

#### **14.3 Económicos**

El proyecto de investigación analizó la calidad del agua del río Cunuyacu utilizando métodos biológicos e índices de calidad de agua a un bajo costo adquiriendo resultados confiables, de esta forma es accesible para la autoridades utilizar estos métodos periódicamente ya que resultan convenientes para el entorno económico.

## 15 CONCLUSIONES

Luego de la investigación realizada se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para la determinación de los puntos de monitoreo se tomó en cuenta los objetivos del estudio y los criterios generales de selección, fundamentalmente la factibilidad de llegar a los sitios de muestreo, es así que se determinaron tres puntos de monitoreo a lo largo del río Cunuyacu.
- Durante el tiempo de investigación se recolectaron 3175 individuos de macroinvertebrados acuáticos, los cuales fueron identificados mediante una guía taxonómica donde se localizó 12 familias, se observó que en la Parroquia Juan Montalvo se registraron un total de 897 macroinvertebrados y 6 familias, mientras que las familias más predominantes son: Anomalopsychidae y Leptoceridae, estas familias son consideradas como especies clave para la determinación de una buena calidad de agua. En el La Laguna se recolectó la mayor cantidad de macroinvertebrados con un total de 1284 individuos y 4 familias identificadas y en los Molinos Poulter se obtuvo la cantidad de macroinvertebrados con un total de 994 individuos y 2 familias. En el sector La Laguna y en los Molinos Poulter las familias Tubificidae, Lymnaeidae y Glossiphoniidae, determinaron una calidad de agua muy contaminada.
- Los índices biológicos los índices BMWP/Col, que constituye una calidad de agua Crítica de clase IV que representa un color Naranja, ABI y E.P.T, en ambos índices presenta un resultado de calidad del agua Malo, con un índice de biodiversidad alto de 6,96 en base al índice de biodiversidad de Shannon - Weaver. Dentro de los resultados de los análisis Físicos - Químicos, realizados en los tres puntos de muestreos del río Cunuyacu en los meses de noviembre y diciembre se pudo comprobar que los parámetros se mantienen dentro de los valores permisibles establecidos por la norma vigente TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I, Tabla 3.
- Los resultados obtenidos mediante la aplicación del índice IQADATA correspondientes al análisis Físico- Químicos y Microbiológicos demostró que los tres puntos monitoreados (P1: Parroquia Juan Montalvo, P2: La Laguna, P3: Molinos Poulter) en los meses de noviembre y diciembre del 2020 se encuentran en un rango de calidad Malo, de acuerdo a la escala de clasificación del ICA-NSF; los puntajes obtenidos se ubican en la escala de 26 a 50 correspondiente al color Rojo, es decir tiene un valor

medio total de 49,72 ICA, sin embargo, se requiere de un proceso de purificación para ser apta para el uso de agua agrícola.

- En base a las precipitaciones que hubo en el mes de Enero el caudal aumentó considerablemente esto tuvo consecuencias para determinar la calidad del agua tanto en el índice ICA como en los macroinvertebrados ya que esto arrastró bastante cantidad de residuos orgánicos como inorgánicos desde el inicio del río hasta su desembocadura, por ende esto tuvo una gran afectación en los resultados ya que nos dio más cantidad de macroinvertebrados y una gran variabilidad a comparación de los anteriores meses.

## **16 RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se propone las siguientes recomendaciones:

- El agua del río Cunuyacu es utilizada por las personas para diferentes actividades como es la ganadería y para el riego de sus regadíos por lo cual se deberá implementar campañas de concientización que ayudará a que tomen conciencia en el estado que se encuentra el agua, como poder remediar su alta contaminación y así poder ayudar a recuperar ese recurso.
- Dar a conocer la información obtenida a partir de este estudio a la población, para que pueda tomarse como base la implementación de campañas de monitoreo y actividades en beneficios de la conservación de los recursos naturales en zonas que están siendo amenazadas por el crecimiento agrícola, urbana e industrial mediante capacitaciones o reuniones con el personal técnico de las instituciones.
- Se recomienda la continuación de estudios de la calidad del agua en todos los ríos de la provincia de Cotopaxi utilizando organismos indicadores por su facilidad de aplicación, tomando en cuenta la importancia que representa su red hídrica en torno a la ciudadanía.

## 17 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2012). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú.*
- Álvarez, D. (2010). *Divina conciencia. Principales bioindicadores del agua.*  
<http://www.laanunciataikerketa.com/trabajos/divinaconciencia/bioindicadores.pdf>
- Álvarez, M. (2010). *Estudio de la variabilidad espacio-temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ecosistemas fluviales de Cantabria. Repercusiones para la aplicación de la directiva marco del agua.*
- Arcos, P., Ávila, N., Estupiñán, M., & Gómez, A. (2015). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua.*
- Assis, E. (2011). *Monitoreo de variables físico-químicas de agua. aguas urbanas.*  
<http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/15/monitoreo-de-variables-fisico-quimicas-de-agua/>
- Cárdenas, J. (2020a). *Fuentes Domésticas.* Agua.org.mx. <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua/>
- Cárdenas, J. (2020b). *Fuentes Industriales.* Agua.org.mx. <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua/>
- Carrera, C. (2011). *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.*  
[https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio\\_view.php?bibid=144719&tab=opac](https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=144719&tab=opac)

- CARRERA REYES, C., & FIERRO PERALBO, K. (2011). *Manual Los Macroinvertebrados Acuaticos*. <https://es.scribd.com/doc/88975705/ManualLos-Macroinvertebrados-Acuaticos>.
- COELLO, J. R. (2013). *Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador*. *Rev. Del Instituto de investigaciones (RIEGO)*.
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, n.º Decreto Legislativo 0, 116 (2008). [https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)
- Custodio, M., & Chanamé, F. (2016). *Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>
- Déley, R., & Santillán, P. (2016). *Macroinvertebrados bentónicos de las microcuencas Jubal, Ozogoché y Zula. Parque Nacional Sangay (1ª)*. Riobamba.
- ENRIQUES, O., NESSIMIAN, J., & DORVILLÉ, L. (2013). *Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the floresta da Tijuca, Río de Janeiro, Brazil*. *Brazilian Journal of Biology*.
- FAO. (2016). *Fuentes Agrícolas*. CAPÍTULO 1 - CONTAMINACIÓN AGRÍCOLA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: INTRODUCCIÓN. <http://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm>
- Gabriela, P. (2012, abril 18). El agua virtual: Conceptos e implicaciones. *abril 18 de 2012*, 16(1). <https://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/rt/printerFriendly/268/792>
- JIMÉNEZ, B. (2012). *La contaminación ambiental en México*. <http://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA126&lpg=PA126&dq>



=tama%C3%B1os+de+s%C3%B2lidos+suspendidos&source=bl&ots=ISyB\_OHvzC&sig=8JkA0G32MhE6hA4mUrh0DMM0caI&hl=es&sa=X&ei=iIRwT7mC42TtwfXPXoDA&ved=0CDgQ6AEwBDgU#v=onepage&q=tama%C3%B1os%20de%20s%C3%B2lidos

#### LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL

AGUA, n.º Segundo Suplemento, 32 (2014). <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>

Londoño, O. (2016). *CARACTERIZACIÓN DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS DEL SISTEMA PARA PRODUCIR AGUA DESIONIZADA TIPO II, EN UNA INDUSTRIA COSMÉTICA.*

<https://pdfs.semanticscholar.org/cba9/ac83dfaf027bb44fa23cf8d4b850836b7c85.pdf>

Loné, P. P. (2016). *Indicadores de calidad del agua.* iAgua. [https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-](https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua#:~:text=Clasificaci%C3%B3n,pueden%20clasificar%20de%20diversas%20maneras%3A&text=F%C3%ADsico%2Dqu%C3%ADmicos%3A%20se%20basan%20en,un%20conjunto%20de%20los%20mismos.)

[agua#:~:text=Clasificaci%C3%B3n,pueden%20clasificar%20de%20diversas%20maneras%3A&text=F%C3%ADsico%2Dqu%C3%ADmicos%3A%20se%20basan%20en,un%20conjunto%20de%20los%20mismos.](https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua#:~:text=Clasificaci%C3%B3n,pueden%20clasificar%20de%20diversas%20maneras%3A&text=F%C3%ADsico%2Dqu%C3%ADmicos%3A%20se%20basan%20en,un%20conjunto%20de%20los%20mismos.)

Morena, C. (2011). *Métodos para medir la biodiversidad.* M&T – Manuales y Tesis SEA.

<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>

Nava, M., Severen, H., & Machado, N. (2011). *Distribución y taxonomía de Pyrgophorus platyrachis (Caenogastropoda: Lymnaeidae), en el Sistema de Maracibo.*

Nieves, G., Rosas, R. K., & Hornedo, M. (2010). *Biodiversidad de insectos acuáticos asociados a la cuenca del río Grande de Manatí. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales*. <http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/proyecto-rios-patrimoniales/estudio-debiodiversidad-de-insectos-acuaticos.pdf>.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, n.º Decreto Supremo No. (2013).

<http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (2018, septiembre 26). *Decenio internacional para la acción «Agua fuente de vida»*.

<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2011). *Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain. New York: Springer*.

Oshiro, k. (2012). *U.S. Environmental Protection Agency Office of Water. Method 1604: Total Coliforms and Escherichia coli in Water by Membrane Filtration Using a Simultaneous Detection Technique. Washington, (D&M)*.

Pérez, L. (2010). *Los parámetros fisicoquímicos. El ciclo del agua en la comunitat valenciana*. [http://www.agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/index.html](http://www.agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html)

Pradillo, B. (2016). *Parámetros de control del agua potable. iAgua*.

<https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable#:~:text=Con%20las%20t%C3%A9cnicas%20adecuadas%2C%20los,amonio%2C%20bacterias%20coliformes%2C%20E>.

REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE, n.º Decreto ejecutivo 752

(2019).

ROLDÁN, G. (2013). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP* (Universidad de Antioquia).

Roldan, G. (2014). *Fundamentos de la Limnología tropical*. Universidad de Antioquia.

Romero, R. (2015). *Calidad del Agua (2º)*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

ROSERO, D., & FOSSATI, O. (2010). “*Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta*”.

<https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/ecuador/papallacta/doc/D14-09%20Indices.pdf>

Ruiz, G. (2016). *Los residuos que más contaminan el agua*. AQUAE FOUNDATION.

<https://www.fundacionaquae.org/los-residuos-que-mas-contaminan-el-agua/>

Salvador. (2010). *ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL “ICA”*. Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

SÁNCHEZ, M. J. (2015). *MODIFICADO Y ADAPTADO AL CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO PAMPLONITA NORTE DE SANTANDER*.

<http://www.redalyc.org/pdf/903/90330207.pdf>

Seg. (2015, marzo 22). *Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua*.

<http://ingenieriaambientalapuntes.blogspot.com/2009/03/parametros-fisicos-quimicosy.html>

Sigler, A., & Bauder, J. (2018). *Nitrato y nitrito*.

[http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf)

Toledo, M., & Mendoza, B. (2016). *Estudio de la calidad de agua utilizando bio-indicadores, en microcuenca del río Chimborazo (ec)*.

Ulloa, F. (2016, febrero 17). <http://panchoullloaenriquez.blogspot.com/2016/02/los-seis-rios-de-latacunga.html>.

Universidad de Pamplona. (2010).

[http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo2.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo2.pdf)

**ANEXO 1. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE NOVIEMBRE, DICIEMBRE Y ENERO**

**Tabla 16.**

*Número de especies encontradas en el mes de noviembre en la Parroquia Juan Montalvo*

INFORMACION GENERAL							
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/11/2020	<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00	<b>TEMPERATURA :</b>	12°C		
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	19/11/2020	<b>CAUDAL:</b>	0,5 m³/s	<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea		
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0767008	<b>Y</b>	9896738	<b>ALTITUD</b>	2795 m.s.n.m.	Parroquia Juan Montalvo
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICES	
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	76	1	1	-
2.-	Insecta	Coleóptero	Elmidae	64	6	5	-
3.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	69	2	-	1,99
4.-	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	88	10	10	88
<b>TOTAL</b>				<b>297</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>88</b>
<b>RESULTADOS:</b>				<b>CRÍTICA</b>		<b>MALO</b>	<b>29,63 % REGULAR</b>

**Nota:** Elaborado por Autores.

Tabla 17.

## Número de especies encontradas en el mes de noviembre la Laguna

NOVIEMBRE								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/11/2020		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00		<b>TEMPERATURA :</b>	14°C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	19/11/2020		<b>CAUDAL:</b>	0,6 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0765967	<b>Y</b>	9896223	<b>ALTITUD</b>	2780 m.s.n.m.	<b>P2-La Laguna</b>	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		INDICES			
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	75	8	8	75	
2.-	Anélido	Hirudinea	Glossiphoniidae	82	3	3	-	
3.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	60	1	1	-	
4.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	88	2	-	-	
5.-	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	78	4	3	-	2,79
6.-	Insecta	Coleóptero	Psephenidae	59	10	5	-	<b>MEDIA</b>
7.-	Arachnida	Trombidiformes	Hydracarina	64	8	4	-	
<b>TOTAL</b>				<b>506</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>75</b>	
<b>RESULTADOS:</b>		<b>DUDOSO</b>				<b>MALO</b>	<b>14,82 %</b>	<b>MALO</b>

**Nota:** Elaborado por Autores.

Tabla 18.

*Número de especies encontradas en el mes de noviembre de los Molinos Poultier*

NOVIEMBRE								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/11/2020	<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00	<b>TEMPERATURA :</b>	15°C			
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	19/11/2020	<b>CAUDAL:</b>	0,6 m³/s	<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea			
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0765323	<b>Y</b>	9895990	<b>ALTITUD</b>	2748 m.s.n.m.	<b>P3 - Molinos Poultier</b>	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICES		
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Arachnida	Trombidiformes	Hydracarina	88	8	4	-	
2.-	Gastropoda	Pulmonata	Physidae	70	3	3	-	
3.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	92	2	-	-	
4.-	Insecta	Coleóptero	Elmidae	44	6	5	-	1,54
							-	<b>POCA</b>
							-	
<b>TOTAL</b>				<b>294</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>CRÍTICO</b>		<b>PESIMO</b>	<b>0% MALO</b>	

**Nota:** Elaborado por Autores.

**Tabla 19.***Número de especies encontradas en el mes de diciembre en la Parroquia Juan Montalvo*

DICIEMBRE								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/12/2020		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00		<b>TEMPERATURA :</b>	12°C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	18/12/2020		<b>CAUDAL:</b>	0,5 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0767008	<b>Y</b>	9896738	<b>ALTITUD</b>	2795 m.s.n.m.	<b>P1 - Parroquia Juan Montalvo</b>	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICES		
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	60	4	3	-	
2.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	75	8	8	75	
3.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	69	1	1	-	
4.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	79	2	-	-	1,99
				<b>MEDIA</b>				
<b>TOTAL</b>				<b>283</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>75</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>MUY CRÍTICO</b>		<b>PESIMO</b>	<b>26,65%</b>	<b>REGULAR</b>

**Nota:** Elaborado por Autores.



**Tabla 20.***Número de especies encontradas en el mes de diciembre en La Laguna*

DICIEMBRE								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/12/2020		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00		<b>TEMPERATURA :</b>	14°C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	18/12/2020		<b>CAUDAL:</b>	0,6 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0765967	<b>Y</b>	9896223	<b>ALTITUD</b>	2780 m.s.n.m.	<b>P2-La Laguna</b>	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		INDICES			
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Coleoptera	Elmidae	90	6	5	-	
2.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	60	1	1	-	
3.-	Anélido	Hirudinea	Glossiphoniidae	75	4	3	-	
4.-	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	64	4	3	-	2,57
5.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	67	2	-	-	<b>MEDIA</b>
6.-	Insecta	Diptera	Limoniidae	75	4	4	-	
<b>TOTAL</b>				<b>431</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>0%</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>CRÍTICO</b>		<b>MALO</b>	<b>0%MALO</b>	

**Nota:** Elaborado por Autores.

Tabla 21.

## Número de especies encontradas en el mes de noviembre en los Molinos Poultier

DICIEMBRE								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/12/2020		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00		<b>TEMPERATURA :</b>	15°C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	18/12/2020		<b>CAUDAL:</b>	0,6 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José, Suárez Andrea	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0765323	<b>Y</b>	9895990	<b>ALTITUD</b>	2748 m.s.n.m.	<b>P3-Molinos Poultier</b>	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		INDICES			
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	56	1	1	-	
2.-	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	51	4	3	-	
3.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	35	2	-	-	
4.-	Anélido	Hirudinea	Glossiphoniidae	42	3	3	-	
5.-	Insecta	Díptero	Simuliidae	72	8	5	-	2,77
6.-	Insecta	Coleóptero	Elmidae	45	6	5	-	<b>MEDIA</b>
7.-	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	66	10	10	66	
<b>TOTAL</b>				<b>367</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	<b>66</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>CRÍTICO</b>		<b>MALO</b>	<b>17,98 %</b>	<b>MALO</b>

Nota: Elaborado por Autores.

Tabla 22.

*Número de especies encontradas en el mes de Enero en la Parroquia Juan Montalvo*

ENERO								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/01/2021		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00		<b>TEMPERATURA :</b>	12°C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	19/01/2021		<b>CAUDAL:</b>	0,5 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0767008	<b>Y</b>	9896738	<b>ALTITUD</b>	2795 m.s.n.m.	<b>Parroquia Juan Montalvo</b>	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICES		
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	55	1	1	-	
2.-	Insecta	Coleóptero	Elmidae	50	6	5	-	
3.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	69	2	-	-	
4.-	Insecta	Trichoptera	Anomalopsychidae	68	10	10	68	2,31
				<b>MEDIA</b>				
<b>TOTAL</b>				<b>317</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>68</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>CRÍTICA</b>		<b>MALO</b>	<b>21,45 %</b>	<b>MALA</b>

**Nota:** Elaborado por Autores.

**Tabla 23.*****Número de especies encontradas en el mes de Enero la Laguna***

ENERO								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/11/2020		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00		<b>TEMPERATURA :</b>	14°C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	19/11/2020		<b>CAUDAL:</b>	0,6 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0765967	<b>Y</b>	9896223	<b>ALTITUD</b>	2780 m.s.n.m.	<b>P2-La Laguna</b>	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		INDICES			
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	75	8	8	75	
2.-	Anélido	Hirudinea	Glossiphoniidae	40	3	3	-	
3.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	27	1	1	-	
4.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	45	2	-	-	2,34
5.-	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	52	4	3	-	<b>MEDIA</b>
6.-	Insecta	Coleóptero	Psephenidae	53	10	5	-	
7.-	Arachnida	Trombidiformes	Hydracarina	55	8	4	-	
<b>TOTAL</b>				<b>347</b>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>75</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>DUDOSO</b>		<b>MALO</b>	<b>21,61 %</b>	<b>MALO</b>

**Nota:** Elaborado por Autores.

**Tabla 24.***Número de especies encontradas en el mes de Enero de los Molinos Poultier*




ENERO								
INFORMACION GENERAL								
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN:</b>	18/11/2020		<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	09:00 – 12:00		<b>TEMPERATURA :</b>	15°C	
<b>FECHA DE IDENTIFICACIÓN:</b>	19/11/2020		<b>CAUDAL:</b>	0,6 m³/s		<b>RESPONSABLES:</b>	Jiménez José , Suarez Andrea	
<b>COORDENADAS:</b>	<b>X</b>	0765323	<b>Y</b>	9895990	<b>ALTITUD</b>	2748 m.s.n.m.	<b>P3 - Molinos Poultier</b>	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		INDICES			
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Arachnida	Trombidiformes	Hydracarina	42	8	4	-	
2.-	Gastropoda	Pulmonata	Physidae	55	3	3	-	
3.-	Gordioidea	Gordiidae	Chironomidae	65	2	-	-	
4.-	Insecta	Coleóptero	Elmidae	53	6	5	-	2,57
5.-	Anélidos	Oligochaeta	Tubificidae	58	1	1	-	<b>MEDIA</b>
6.-	Insecta	Díptero	Simuliidae	60	8	5	-	
<b>TOTAL</b>				<b>333</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	
<b>RESULTADOS:</b>				<b>CRÍTICO</b>		<b>MALO</b>	<b>0% MALO</b>	





**Nota:** Elaborado por Autores.




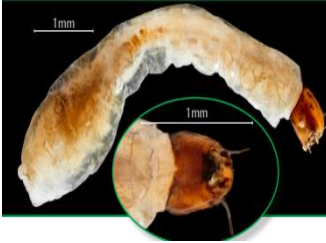
## ANEXO 2. DESCRIPCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS.

Tabla 25.


### Descripción de Macroinvertebrados

Nº	Taxonomía	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> Hirudinea</p> <p><b>FAMILIA:</b> Glossiphoniidae</p>	<p>Viven en aguas tranquilas y estacadas aunque algunas pueden ocurrir en aguas corrientosas. 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. (Palma, 2013)</p>	
3	<p><b>CLASE:</b> Insecta</p> <p><b>ORDEN:</b> Coleóptero</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 1º al 4º 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 1º a 6º.. (Roldán, 2012)</p>	

Nº	Taxonomía	Descripción	Fotografía
4	<b>CLASE:</b> Insecta <b>ORDEN:</b> Trichoptera <b>FAMILIA:</b> Anomalopsychidae	<p>Estas larvas poseen una carina particular en la cabeza y pronoto y las esquinas anterolaterales del pronoto están dirigidas hacia adelante como grandes lóbulos. La uña anal es larga y recta y posee muchos dientes accesorios dorsales. El estuche larval está construido de granos de arena y es ligeramente curvado y ahusado. Son encontradas sobre rocas húmedas en la zona de remojado de pequeños riachuelos y cascadas, donde raspan algas y detritus de la superficie de las piedras.</p>	
5	<b>CLASE:</b> Insecta <b>ORDEN:</b> Trichoptera <b>FAMILIA:</b> Leptoceridae	<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>	
6	<b>CLASE:</b> Insecta <b>ORDEN:</b> Coleoptera <b>FAMILIA:</b> Psephenidae	<p>Las larvas se distinguen por ser dorsoventralmente aplanadas, forma del cuerpo redondeada con los terguitos torácicos y abdominales muy extendidos lateralmente, abdomen con 9 segmentos; branquias a manera de agallas están situadas a lo largo del abdomen. Patas con 5 segmentos, incluyendo la uña. La tibia y el tarso se encuentran fusionados (Epler, 2010)</p>	
7	<b>CLASE:</b> Gordioidea <b>ORDEN:</b> Gordiidae <b>FAMILIA:</b> Chironomidae	<p>Larvas con tamaño muy variado, desde pocos milímetros hasta más de 20, la cápsula craneal es completa bien quitinizada, no retráctil sobre el tórax. Poseen 12 segmentos corporales, cuerpo generalmente cubierto de setas o pelos dispuestos en hileras, mechones o distribuidos irregularmente.</p>	

N°	Taxonomía	Descripción	Fotografía
8	<p><b>CLASE:</b> Gastropoda</p> <p><b>ORDEN:</b> Pulmonata</p> <p><b>FAMILIA:</b> Lymnaeidae</p>	<p>Posee una concha alargada y aguda, sin opérculo, con la abertura hacia el lado derecho. Para determinar hacia qué lado está abierta la concha hay que ubicar los especímenes con la punta de la espiral hacia arriba. Espira breve con 3 vueltas, concha delgada y frágil. Abertura de la concha más larga que ancha.</p>	
9	<p><b>CLASE:</b> Gastropoda</p> <p><b>ORDEN:</b> Pulmonata</p> <p><b>FAMILIA:</b> Physidae</p>	<p>Posee una concha alargada sin opérculo, con la abertura hacia el lado izquierdo, ya que la diagnosis de los géneros utilizando las conchas no es clara, debido a la ausencia de caracteres distintivos.</p>	
10	<p><b>CLASE:</b> Arachnida</p> <p><b>ORDEN:</b> Trombidiformes</p> <p><b>FAMILIA:</b> Hydracarina</p>	<p>Verdaderos ácaros acuáticos, reconocidos por colores brillantes, que van desde el rojo intenso al azul, o diferentes gamas de entre el verde y el amarillo. Pertenecen al grupo cohorte Parasitengonah.</p>	
11	<p><b>CLASE:</b> Insecta</p> <p><b>ORDEN:</b> Díptera</p> <p><b>FAMILIA:</b> Simuliidae</p>	<p>Larvas con forma de cuerpo cilíndrica y ligeramente curvada. Cabeza bien diferenciada y esclerotizada, algunas con manchas en el dorso compuesto por 60 - 250 hileras de ganchos. El labro de la boca está modificado en un órgano a modo de peine llamado abanico labral o cefálico, donde quedan atrapadas las partículas alimenticias.</p>	



N°	Taxonomía	Descripción	Fotografía
12	<b>CLASE:</b> Insecta <b>ORDEN:</b> Díptera <b>FAMILIA:</b> Limoniidae	<p>Larvas pequeñas y de colores más claros. Cuerpo alargado y cilíndrico, con cápsula cefálica desarrollada aunque usualmente suele estar retraída y oculta en los segmentos del tórax. Presentan espiráculos posteriores ubicados en el extremo posterior del cuerpo y rodeados de un disco espiracular, Espiráculos anteriores ausentes. o el número de lóbulos es variable (1-5)</p>	

**Nota:** Elaborado por Autores

## ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO

### Ilustración 2.

*Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de Noviembre.*



### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-393

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	1,61
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	0,32 <sup>(a)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	0 <sup>(a)</sup>
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,899 <sup>(a)</sup>

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

\*\*<sup>(a)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE\*\*

Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinador de Laboratorio



### Ilustración 3.

*Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de La Laguna correspondiente al mes de Noviembre.*




**INAMHI**  
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA  
LANCAS  
Laboratorio Nacional de Calidad de  
Aguas y Sedimentos

**INFORME DE RESULTADOS**

RC38-06 N°. 20-394  
Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> A y B	mg/L	1,66
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	2,48 <sup>(a)</sup>
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	11 <sup>(a)</sup>
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	1,333

*\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\**  
*\*\*<sup>(a)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE\**

  
 Autorizado por:  
 Dra. Jeaneth Cartagena  
 Coordinador de Laboratorio

  
**INAMHI**  
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA  
**LABORATORIO NACIONAL  
 DE CALIDAD DE AGUA  
 Y SEDIMENTOS - LANCAS**

#### Ilustración 4.

*Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de los Molinos Poultry correspondiente al mes de Noviembre.*



### INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

Nº. 395  
Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO <sub>3</sub> A y B	mg/L	0,48 <sup>(*)</sup>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	8,64
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	48
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	1,623

\*Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE\*

<sup>(\*)</sup> Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE\*

Autorizado por:  
Dra. Jeaneth Cartagena  
Coordinador de Laboratorio  
LABORATORIO NACIONAL  
DE CALIDAD DE AGUA  
Y SEDIMENTOS - LANCAS

## Ilustración 5.

### Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de diciembre.



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 561689/2020-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

#### RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	65296-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE <sup>(1)</sup>	CRITERIO DE RESULTADOS <sup>(2)</sup>
				CUN 1			
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,45	± 0,11 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	5,69	± 0,47 mg/l	13	CUMPLE
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	15,5	± 0,8 NTU	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5200 D	PA - 01.00	mg/l	<10,0	± 2,3 mg/l	40	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	<4,75	± 0,79 mg/l	20	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POG - 27.00	% de Saturación	<sup>(3)</sup> 50,79	-	>80	NO CUMPLE
POSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	1,47	± 0,15 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 68.00	NMP/100ml	170,0	± 1,4 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
CLOROFILA A[*]	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10200 H	PA - 76.00	µg/l <sup>3</sup>	-1,068	-	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	518,0	± 4,1 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2), (3) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

<sup>(1)</sup> Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y abstrae en aguas dulces, marinas y de estuarios. Criterio de Calidad: Agua Dulce.

<sup>(2)</sup> Oxígeno de Saturación calculado a partir del Oxígeno Disuelto (4,39 mg/l).

<sup>(3)</sup> Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".

## Ilustración 6.

### Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos La Laguna correspondiente al mes de diciembre



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 561690/2020-1.0	RS-40
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

#### RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	65296-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE <sup>(1)</sup>	CRITERIO DE RESULTADOS <sup>(2)</sup>
				CUN 2			
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,75	± 0,11 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	7,50	± 0,47 mg/l	13	CUMPLE
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	6,1	± 0,8 NTU	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	<10,0	± 2,3 mg/l	40	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	<4,75	± 0,79 mg/l	20	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	% de Saturación	<sup>(3)</sup> 48,56	-	>80	NO CUMPLE
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	1,26	± 0,15 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 58.00	NMP/100ml	220,0	± 1,4 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
CLOROFILA A[*]	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10200 H	PA - 75.00	mg/l <sup>(4)</sup>	4,272	-	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	476,0	± 3,2 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2), (3) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

<sup>(1)</sup> Acuerdo Ministerial N° 097-A, TUE.SMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Criterio de Calidad: Agua Dulce.

<sup>(2)</sup> Oxígeno de Saturación calculado a partir del Oxígeno Disuelto (3,94 mg/l).

<sup>(3)</sup> Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".

## Ilustración 7.

### Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de los Molinos Poultry correspondiente al mes de diciembre



ALS Ecuador  
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses  
Quito, Ecuador  
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 561691/2020-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13 Página 2 de 2

#### RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	65296-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE <sup>(1)</sup>	CRITERIO DE RESULTADOS <sup>(2)</sup>
				CUN 3			
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,92	± 0,11 U pH	6,5 - 9	CUMPLE
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	7,18	± 0,47 mg/l	13	CUMPLE
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	5,7	± 0,8 NTU	NO APLICA	NO APLICA
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	25,1	± 2,3 mg/l	40	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	10,11	± 0,79 mg/l	20	CUMPLE
OXÍGENO DISUELT	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	% de Saturación	<sup>(3)</sup> 3,81	-	>80	NO CUMPLE
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	1,39	± 0,15 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	220,0	± 1,4 NMP/100ml	NO APLICA	NO APLICA
CLOROFILA A[*]	Standard Methods Ed. 23, 2017, 10200 H	PA - 76.00	mg/l <sup>(4)</sup>	15,219	-	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 B	PA - 14.00	mg/l	536,0	± 4,1 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

#### REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2), (3) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

<sup>(1)</sup> Acuerdo Ministerial N° 097-A, TUE.SMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Criterio de Calidad: Agua Dulce.

<sup>(2)</sup> Oxígeno de Saturación calculado a partir del Oxígeno Disuelto ( $\times 2,00$  mg/l).

<sup>(3)</sup> Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".



**Ilustración 8.**

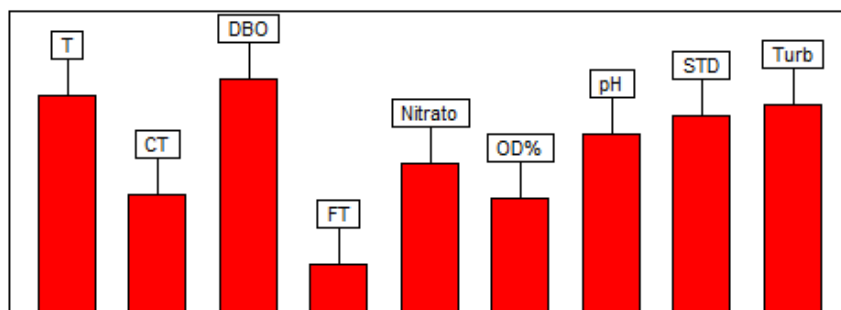
*Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de noviembre.*

IQA: NSF					
Variável	Unidade	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referência (Tr)	° C		15,40		
Temperatura (Ti)	° C		15,40		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,100	0,00	93,00	1,57
Oxigênio dissolvido	mg/L, O2		25,56		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,160	52,00	50,82	1,87
Demanda bioquímica de oxigênio	mg/L, O2	0,110	0,32	100,00	1,66
Fósforo total	mg/L, P	0,100	0,90	22,05	1,36
Nitratos	mg/L, NO3 - N	0,100	1,61	64,49	1,52
Nitrogênio total (NTK+NO2+NO3)	mg/L, N		1,61	64,49	
Saturação de oxigênio	%	0,170	321,14	50,00	1,94
pH	-	0,110	8,24	76,45	1,61
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,070	25,56	84,38	1,36
Turbidez	NTU	0,080	3,90	88,88	1,43

**Classificação: Regular**

**61,92**

Classificação	Valor de IQA
MUITO RUIM	0 - 25
RUIM	26 - 50
REGULAR	51 - 70
BOM	71 - 90
EXCELENTE	91 - 100





### Ilustración 9.

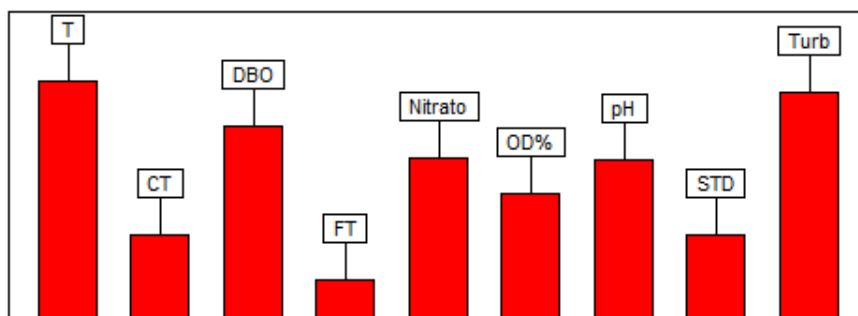
*Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de La Laguna correspondiente al mes de noviembre.*

IQA: NSF					
Variável	Unidade	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referência (Tr)	° C		17,80		
Temperatura (Ti)	° C		17,80		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,100	0,00	93,00	1,57
Oxigênio dissolvido	mg/L, O <sub>2</sub>		13,70		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,160	291,00	34,22	1,76
Demanda bioquímica de oxigênio	mg/L, O <sub>2</sub>	0,110	2,48	75,66	1,61
Fósforo total	mg/L, P	0,100	1,33	16,49	1,32
Nitratos	mg/L, NO <sub>3</sub> - N	0,100	1,66	63,45	1,51
Nitrogênio total (NTK+NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )	mg/L, N		1,66	63,45	
Saturação de oxigênio	%	0,170	181,09	50,00	1,94
pH	-	0,110	8,60	63,01	1,58
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,070	485,00	33,79	1,28
Turbidez	NTU	0,080	4,04	88,61	1,43

**Classificação: Regular**

**50,18**

Classificação	Valor de IQA
MUITO RUIM	0 - 25
RUIM	26 - 50
REGULAR	51 - 70
BOM	71 - 90
EXCELENTE	91 - 100



**Ilustración 10.**

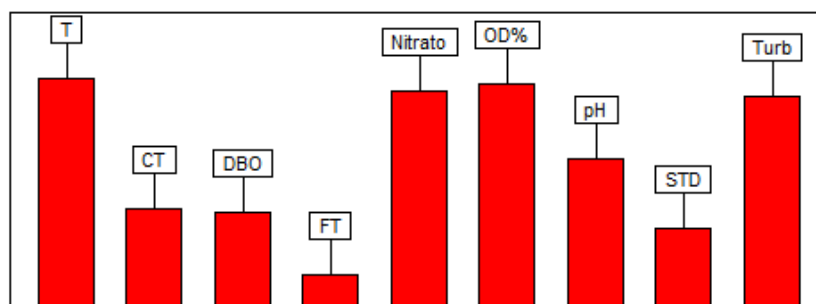
**Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de los Molinos Poultier correspondiente al mes de noviembre.**

IQA: NSF					
Variável	Unidade	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referência (Tr)	° C		8,67		
Temperatura (Ti)	° C		8,67		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,100	0,00	93,00	1,57
Oxigênio dissolvido	mg/L, O2		7,90		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,160	143,00	40,70	1,81
Demanda bioquímica de oxigênio	mg/L, O2	0,110	8,64	39,02	1,50
Fósforo total	mg/L, P	0,100	1,62	13,40	1,30
Nitratos	mg/L, NO3 - N	0,100	0,48	88,01	1,56
Nitrogênio total (NTK+NO2+NO3)	mg/L, N		0,48	88,01	
Saturação de oxigênio	%	0,170	85,11	90,68	2,15
pH	-	0,110	8,67	60,38	1,57
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,070	494,00	32,23	1,28
Turbidez	NTU	0,080	5,71	85,49	1,43

**Classificação: Regular**

**53,14**

Classificação	Valor de IQA
MUITO RUIM	0 - 25
RUIM	26 - 50
REGULAR	51 - 70
BOM	71 - 90
EXCELENTE	91 - 100



**Ilustración 11.**

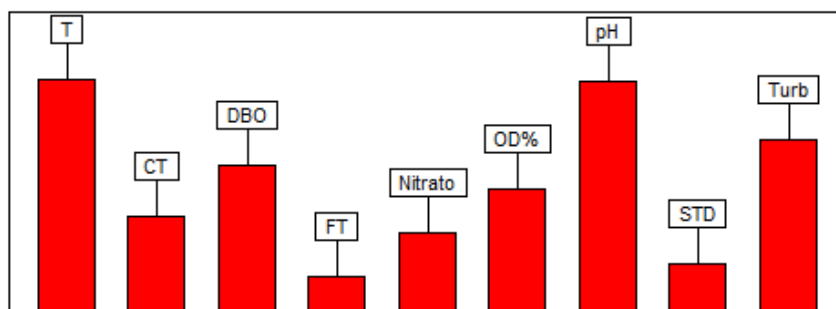
**Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de la Parroquia Juan Montalvo correspondiente al mes de diciembre.**

IQA: NSF					
Variável	Unidade	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referência (Tr)	° C		12,70		
Temperatura (Ti)	° C		12,70		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,100	0,00	93,00	1,57
Oxigênio dissolvido	mg/L, O2		50,79		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,160	170,00	39,08	1,80
Demanda bioquímica de oxigênio	mg/L, O2	0,110	4,75	59,05	1,57
Fósforo total	mg/L, P	0,100	1,47	15,02	1,31
Nitratos	mg/L, NO3 - N	0,100	5,69	32,76	1,42
Nitrogênio total (NTK+NO2+NO3)	mg/L, N		5,69	32,76	
Saturação de oxigênio	%	0,170	601,20	50,00	1,94
pH	-	0,110	7,45	92,60	1,65
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,070	518,00	20,00	1,23
Turbidez	NTU	0,080	15,50	69,55	1,40

**Classificação: Ruim**

**45,62**

Classificação	Valor de IQA
MUITO RUIM	0 - 25
RUIM	26 - 50
REGULAR	51 - 70
BOM	71 - 90
EXCELENTE	91 - 100



### Ilustración 12.

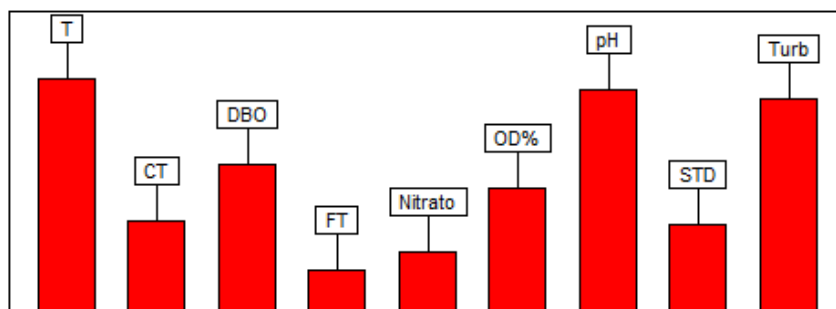
*Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de La Laguna correspondiente al mes de diciembre.*

IQA: NSF					
Variável	Unidade	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referência (Tr)	° C		14,30		
Temperatura (Ti)	° C		14,30		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,100	0,00	93,00	1,57
Oxigênio dissolvido	mg/L, O2		45,56		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,160	220,00	36,71	1,78
Demanda bioquímica de oxigênio	mg/L, O2	0,110	4,75	59,05	1,57
Fósforo total	mg/L, P	0,100	1,26	17,30	1,33
Nitratos	mg/L, NO3 - N	0,100	7,50	24,27	1,38
Nitrogênio total (NTK+NO2+NO3)	mg/L, N		7,50	24,27	
Saturação de oxigênio	%	0,170	558,87	50,00	1,94
pH	-	0,110	7,75	89,00	1,64
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,070	476,00	35,27	1,28
Turbidez	NTU	0,080	6,10	84,78	1,43

**Classificação: Ruim**

**46,79**

Classificação	Valor de IQA
MUITO RUIM	0 - 25
RUIM	26 - 50
REGULAR	51 - 70
BOM	71 - 90
EXCELENTE	91 - 100



**Ilustración 13.**

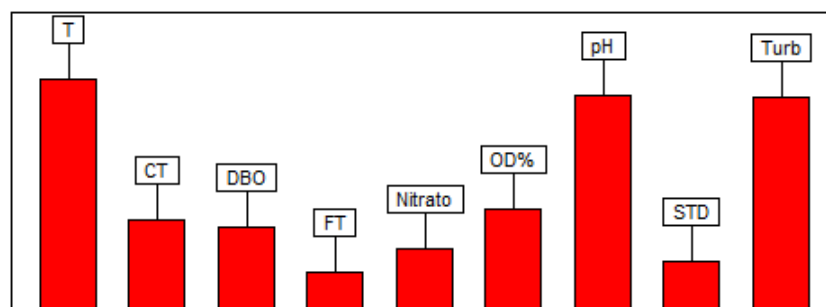
**Resultados de Índice de Calidad de Agua (ICA NSF) de los Molinos Poultier correspondiente al mes de diciembre.**

IQA: NSF					
Variável	Unidade	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referência (Tr)	° C		15,90		
Temperatura (Ti)	° C		15,90		
Temperatura (Tr-Ti)	° C	0,100	0,00	93,00	1,57
Oxigênio dissolvido	mg/L, O2		3,81		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,160	220,00	36,71	1,78
Demanda bioquímica de oxigênio	mg/L, O2	0,110	10,11	33,53	1,47
Fósforo total	mg/L, P	0,100	1,39	15,87	1,32
Nitratos	mg/L, NO3 - N	0,100	7,18	25,47	1,38
Nitrogênio total (NTK+NO2+NO3)	mg/L, N		7,18	25,47	
Saturação de oxigênio	%	0,170	48,39	41,37	1,88
pH	-	0,110	7,92	86,28	1,63
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,070	536,00	20,00	1,23
Turbidez	NTU	0,080	5,70	85,51	1,43

**Classificação: Ruim**

**40,65**

Classificação	Valor de IQA
MUITO RUIM	0 - 25
RUIM	26 - 50
REGULAR	51 - 70
BOM	71 - 90
EXCELENTE	91 - 100



## ANEXO 4. REGISTRO FOTOGRAFICO

### Fotografía 1.

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





**Fotografía 2.*****Muestreo de Macro invertebrados en el río Cunuyacu***

**Fotografía 3.**

*Identificación de Macro invertebrados en el laboratorio.*





**ANEXO 5. CURRICULUM VITAE DOCENTE TUTOR****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	19 DE OCTUBRE DEL 2007	1008-07-668233

	LA PRACTICA DOCENTE ECUATORIANA		
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 rio 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, NOX 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 6. CURRICULUM VITAE EQUIPO INVESTIGADOR

### DATOS PERSONALES



**APELLIDOS:** JIMÉNEZ ARIAS

**NOMBRES:** JOSÉ SANTIAGO

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 1719027847

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** QUITO, 25 DE DICIEMBRE DE 1996

**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** FERROVIARIA BAJA, MARCELINO MARIDUEÑA Y ATOCHA 109B

**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 3111409/0987266782

**E-MAIL:** [jose.jimenez@utc.edu.ec](mailto:jose.jimenez@utc.edu.ec)

### ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	ACADEMIA JORGE CRUZ POLANCO
SECUNDARIA	INSTITUTO NACIONAL MEJÍA
TERCER NIVEL	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### CERTIFICADOS OBTENIDOS

- Seminario de capacitación en calidad ambiental en la ciudad de Latacunga, 15 de Septiembre del 2016. 8 horas.
- “Estado de conservación del cóndor andino y el del oso de anteojos en Ecuador”,
- 01 de Marzo del 2018, 8 horas.

- Capacitación a los sujetos de control en Planes de Manejo Ambiental, Planes de Acción, Planes de Emergencia, Informes de Cumplimiento y Auditorías Ambientales en el Cantón de Latacunga, enfocado en la Educación sobre los Problemas de Cambio Climático comprendiendo lo siguiente: **MODULO 1:** “Problemas Ambientales”- **MODULO2:** “Cambio Climático”- **MODULO 3:**” Guía de Buenas Prácticas Ambientales”,21 de Noviembre del 2018, 8 horas.
- Conferencia sobre la Gestión de Recursos Hídricos como estrategia de adaptación al Cambio Climático, 26 de Noviembre, 8 horas.
- “II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental”. Del 5 al 7 de febrero del 2020, 40 horas.
- “El Cambio Climático y la pandemia del COVID-19”, 10 al 18 de agosto de 2020, 30 horas.
- "III Jornadas de Difusión de la Investigación y Vinculación Ambiental - 2020", del 14 al 16 de septiembre de 2020, con una duración de 40 horas.
- Practicas pre- profesionales en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, del 05 de Agosto al 13 de Septiembre, 240 horas.
- Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga- EPAGAL, 248 horas.

## DATOS PERSONALES



**APELLIDOS:** SUAREZ TITUAÑA

**NOMBRES:** ANDREA ALEXANDRA

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 1754306429

**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** MAGDALENA, 03 DE ABRIL DE 1996

**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** QUITO SUR, ALFONSO DE ALVARADO Y RAFAEL FERRER S14-97

**NÚMEROS TELEFÓNICOS:** 3020976/0998451006

**E-MAIL:** [andrea.suarez6429@utc.edu.ec](mailto:andrea.suarez6429@utc.edu.ec)

## ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
JARDIN	PATRICIO ROMERO BARBERIS
PRIMARIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONSEJO PROVINCIAL DE PICHINCHA</li> <li>• UNIDAD EDUCATIVA “RINCON DEL SABER”</li> </ul>
SECUNDARIA	UNIDAD EDUCATIVA “RINCON DEL SABER”
TERCER NIVEL	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CAMPUS SALACHE

## CERTIFICADOS OBTENIDOS

- Seminario de capacitación en calidad ambiental en la ciudad de Latacunga, 15 de Septiembre del 2016. 8 horas.
- “Estado de conservación del cóndor andino y el del oso de anteojos en Ecuador”,
- 01 de Marzo del 2018, 8 horas.



- Capacitación a los sujetos de control en Planes de Manejo Ambiental, Planes de Acción, Planes de Emergencia, Informes de Cumplimiento y Auditorías Ambientales en el Cantón de Latacunga, enfocado en la Educación sobre los Problemas de Cambio Climático comprendiendo lo siguiente: **MODULO 1:** “Problemas Ambientales”- **MODULO2:** “Cambio Climático”- **MODULO 3:**” Guía de Buenas Prácticas Ambientales”,21 de Noviembre del 2018, 8 horas.
- Conferencia sobre la Gestión de Recursos Hídricos como estrategia de adaptación al Cambio Climático, 26 de Noviembre, 8 horas.
- “II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental”. Del 5 al 7 de febrero del 2020, 40 horas.
- “El Cambio Climático y la pandemia del COVID-19”, 10 al 18 de agosto de 2020, 30 horas.
- "III Jornadas de Difusión de la Investigación y Vinculación Ambiental - 2020", del 14 al 16 de septiembre de 2020, con una duración de 40 horas.
- Practicas pre- profesionales en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, del 05 de Agosto al 13 de Septiembre, 240 horas.
- Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del Cantón Latacunga- EPAGAL, 248 horas.

## ANEXO 7. AVAL DE TRADUCCIÓN



CENTRO DE IDIOMAS

***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la Srta. **SUÁREZ TITUAÑA ANDREA ALEXANDRA** y el Sr. **JIMÉNEZ ARIAS JOSÉ SANTIAGO**, 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 (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2020- 2021"**, 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, marzo del 2021

Atentamente,

**Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes**  
**DÓCENTE CENTRO DE IDIOMAS**

**C.C. 0502666514**

1803027935 Firmado  
Digitalmente por  
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA  
ROMERO GARCIA  
Fecha: 2021.03.08  
13:36:35 -05'00'