



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO
CUNUYACU, PARA UNA PROPUESTA DE MANEJO DE
RECURSO HÍDRICO EN EL CANTÓN LATACUNGA, PERÍODO
2023”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieras Ambientales

Autoras:

Baltazaca Ante Monica Alexandra
Lasluisa Toapanta Lisbeth Priscila

Tutor:

Ágreda Oña José Luis

LATACUNGA – ECUADOR
Agosto 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Monica Alexandra Baltazaca Ante, con cédula de ciudadanía No. 0504228222 y Lisbeth Priscila Lasluisa Toapanta con cédula de ciudadanía No. 0550497333, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, para una propuesta de manejo de recurso hídrico en el cantón Latacunga, período 2023”, siendo el Ingeniero Mg. José Luis Ágreda Oña, 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, 14 de agosto del 2023

Monica Alexandra Baltazaca Ante
Estudiante
CC: 0504228222

Lisbeth Priscila Lasluisa Toapanta
Estudiante
CC: 0550497333

Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.
Docente Tutor
CC: 0401332101

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 **BALTAZACA ANTE MONICA ALEXANDRA**, identificada con cédula de ciudadanía **0504228222** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, 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 Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, para una propuesta de manejo de recurso hídrico en el cantón Latacunga, período 2023”, 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: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de mayo del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. José Luis Ágrede Oña

Tema: “Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, para una propuesta de manejo de recurso hídrico en el cantón Latacunga, período 2023”

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:

- 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.

- 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 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 08 días del mes de agosto del 2023.

Monica Alexandra Baltazaca Ante
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema
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 **LASLUISA TOAPANTA LISBETH PRISCILA** identificada con cédula de ciudadanía **0550497333** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, 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 Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, para una propuesta de manejo de recurso hídrico en el cantón Latacunga, período 2023”, 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: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 25 de mayo del 2023

Tutor: Ingeniero Mg. José Luis Ágreda Oña

Tema: “Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, para una propuesta de manejo de recurso hídrico en el cantón Latacunga, período 2023”

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 08 días del mes de agosto del 2023.

Lisbeth Priscila Lasluisa Toapanta
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema
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 BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU, PARA UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO EN EL CANTÓN LATACUNGA, PERÍODO 2023”, de Baltazaca Ante Monica Alexandra y Lasluisa Toapanta Lisbeth Priscila, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 14 de agosto del 2023



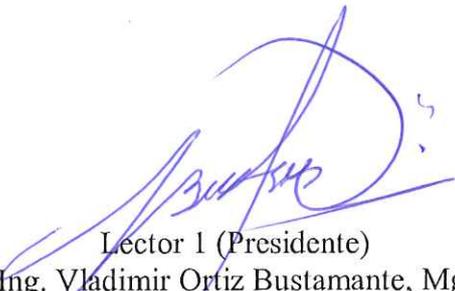
Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.
DOCENTE TUTOR
CC: 0401332101

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

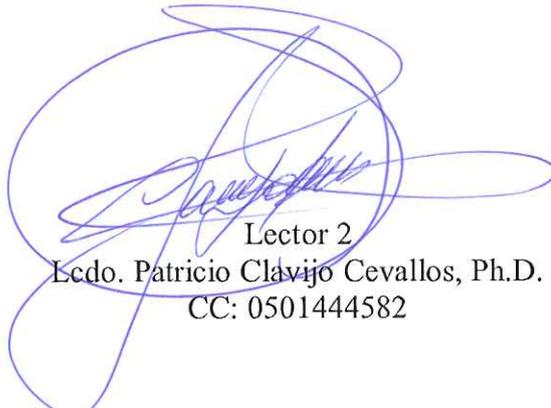
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Baltazaca Ante Monica Alexandra y Lasluisa Toapanta Lisbeth Priscila, con el título del Proyecto de Investigación: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU, PARA UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO EN EL CANTÓN LATACUNGA, PERÍODO 2023”, 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 realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

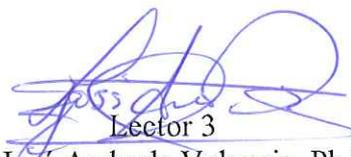
Latacunga, 14 de agosto del 2023



Lector 1 (Presidente)
Ing. Vladimir Ortiz Bustamante, Mg.
CC: 0502188451



Lector 2
Lcdo. Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.
CC: 0501444582



Lector 3
Ing. José Andrade Valencia, Ph.D.
CC: 0502524481

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me dio la fortaleza y la salud para seguir adelante y culminar esta meta propuesta en mi vida, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas para formarme profesionalmente, a los docentes de la Carrera de Ingeniería Ambiental, quienes han impartido sus conocimientos, al Mg. Ágreda Oña tutor del proyecto de investigación, por la ayuda y orientación durante el desarrollo del proyecto, a mis padres y hermana, por brindarme su apoyo y motivación los mismos que me ayudó a seguir adelante en los momentos difíciles durante el trayecto universitario, a mis abuelos por el apoyo en todo momento, a mi familia por su apoyo incondicional, a mi compañera del presente proyecto de investigación por el apoyo y dedicación en el desarrollo y culminación del mismo.

Monica Alexandra Baltazaca Ante

AGRADECIMIENTO

Dios por mi vida y por brindarme la oportunidad de llegar hasta donde me encuentro finalizando la carrera universitaria, a mis padres y hermanos por todo el apoyo por haberlos puesto en mi camino para ayudarme a construir mis éxitos, a la institución y docentes que me formaron como profesional, sin duda son una bendición; y, por todas las cosas buenas que me permitieron sonreír y las malas que indudablemente me ayudaron a crecer.

Lisbeth Priscila Lasluisa Toapanta

DEDICATORIA

Este proyecto dedico a Dios por darme la sabiduría y fortaleza para culminar mis estudios universitarios, a mis padres Luis Baltazaca y Alicia Ante, a mi hermana Daysi Baltazaca por su apoyo y cariño a lo largo de esta etapa universitaria, lo cual me ha ayudado a seguir adelante para culminar una de mis mestas, a mis abuelos por su cariño y sus buenos consejos, tíos y tías, quienes siempre estuvieron presentes, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

Monica Alexandra Baltazaca Ante

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a Dios y a los ángeles que me cuidan desde el cielo, que siempre me han dado la fuerza y valentía para seguir adelante, a mis padres Segundo Lasluisa y Celia Toapanta que han sido un apoyo, bendición en la vida para que lograra mi meta de estudiar y ser profesional, por los consejos para seguir adelante, también dedico a mis hermanos que nunca me dejaron de apoyar y confiar, siempre estuvieron presentes en dificultades esto va para ustedes que creyeron en mí y nunca dudaron del esfuerzo que podía poner en mis estudios.

Lisbeth Priscila Lasluisa Toapanta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU, PARA UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO EN EL CANTÓN LATACUNGA, PERÍODO 2023”

AUTORAS: Baltazaca Ante Monica Alexandra
Lasluisa Toapanta Lisbeth Priscila

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar la calidad de agua en río Cunuyacu de la ciudad de Latacunga en la provincia de Cotopaxi, mediante los índices biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y análisis físico químico, con el fin de establecer la propuesta de manejo de recurso hídrico, para ello se consideró el método cualitativo para delimitar los puntos de muestreo en el trayecto del río (P 1 Loco, P2 Colegio Trajano Naranjo, P3 Molinos Poulter) y de la misma manera se examinó para clasificar los individuos según la clasificación taxonómica de clase, orden y familia, se empleó el método cuantitativo para realizar el conteo de macroinvertebrado que fueron recolectado en tres puntos de muestreo, el método inductivo se consideró para determinar el nivel de contaminación del río. Los resultados obtenidos mediante el índice BMWP/col en tres puntos de muestreo presenta una calidad de agua crítica, ABI y E.P.T ambos índices indica una mala calidad de agua, con respecto al índice de Shannon - Weaver en los tres puntos presenta una diversidad baja, se identificó 1557 individuos de macroinvertebrados acuáticos distribuidas en 18 familia, en el primer punto se obtuvo 78 individuos, mientras que en el punto 2 se obtuvo mayor número de individuos con un total de 1079, en el último punto se encontró 400 individuos, el Índice de Calidad de Agua presenta una calidad de agua mala, en la cual se analizaron los siguientes parámetros físico químico: DQO, pH, nitrato, cromo, calcio, magnesio, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. Con los resultados obtenidos de los índices biológicos e Índice de Calidad de Agua, mediante el árbol del problema se identificó las causas y efectos presentes en el río Cunuyacu para la cual se planteó propuestas de estrategias de manejo de recurso hídrico. El río Cunuyacu presenta una mala calidad de agua por diferentes actividades antropogénicas que lleva a cabo el ser humano, por lo cual es necesario dar a conocer el estado actual en que se encuentra el río a los residentes locales por medio de socialización y campañas de educación ambiental de esta forma tomar medidas para reducir los efectos negativos del recurso hídrico.

Palabras clave: Análisis, contaminación, índices biológicos, muestras, parámetros.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “DETERMINATION OF WATER QUALITY BY BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) IN THE CUNUYACU RIVER, FOR A WATER RESOURCE MANAGEMENT PROPOSAL IN LATACUNGA CANTON, PERIOD 2023”

AUTHORS: Baltazaca Ante Monica Alexandra
Lasluisa Toapanta Lisbeth Priscila

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective to determine water quality in Cunuyacu River in Latacunga city in Cotopaxi province, by biological indexes (BMWP/col, ABI, E.P. T, Shannon - Weaver) and physical-chemical analysis, in order to establish water resource management proposal, for which the qualitative method was used to delimit sampling points along the river (P1 Loco, P2 Trajano Naranjo School, P3 Poultry Mills), and in the same way it was examined to classify individuals according to the taxonomic classification of class, order and family, the quantitative method was used to count the macroinvertebrates that were collected in three sampling points, the inductive method was considered to determine contamination level of the river. The obtained results using the BMWP/col index in three sampling points showed critical water quality, ABI and E.P. T both indexes indicated poor water quality, with respect to Shannon - Weaver index in the three points presents a low diversity, 1557 individuals of aquatic macroinvertebrates distributed in 18 families were identified, the first point 78 individuals were obtained, while in point 2 a greater number of individuals were obtained with a total of 1079, in the last point 400 individuals were found, the Water Quality Index presents a poor water quality, in which the following physical-chemical parameters were analyzed: COD, pH, nitrate, nitrate, chromium, calcium, magnesium, temperature, conductivity and dissolved oxygen. With the obtained results from the biological indexes and the Water Quality Index, the causes and effects present in Cunuyacu River were identified by means of the problem tree, for which water resource management strategies were proposed. The Cunuyacu River has poor water quality due to different anthropogenic activities carried out by humans, so it is necessary to inform local residents about the current state of the river by socialization and environmental education campaigns in order to take measures to reduce negative effects of water resource.

Keywords: Analysis, contamination, biological indices, samples, parameters.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE FIGURAS	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. General	4
5.2. Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
7.1. Agua	5
7.1.1. Calidad De Agua	6
7.1.2. Contaminación Del Agua	6
7.1.3. Contaminación de ríos en Ecuador	6

7.1.4.	Contaminación de ríos en Cotopaxi	7
7.1.5.	Principales contaminantes del agua.	7
7.2.	Parámetros fisicoquímicos	7
7.2.1.	Temperatura	7
7.2.2.	pH	8
7.2.3.	Conductividad	8
7.2.4.	Cromo	9
7.2.5.	Demanda Química De Oxígeno (DQO)	9
7.2.6.	Dureza del agua	9
7.2.7.	Oxígeno Disuelto	9
7.3.	Indicadores	10
7.3.1.	Bioindicadores	10
7.3.2.	Bioindicadores del agua	10
7.3.3.	Macroinvertebrados Acuáticos	11
7.4.	Índice de calidad de agua (ICA)	11
7.5.	Índices Biológicos	11
7.5.1.	Índice biológico andino (ABI)	12
7.5.2.	Índice BMWP/COL	13
7.5.3.	Índice de diversidad de SHANNON – WEAVER	15
7.5.4.	Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)	16
7.6.	MARCO LEGAL	17
7.6.1.	Constitución de la República del Ecuador	17
7.6.2.	Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamientos del Agua.	19
7.6.3.	Código Orgánico Ambiental	20
7.6.4.	Reglamento del Código Orgánico Ambiental	20
7.6.5.	Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 CALIDAD DE AGUA.	21
7.6.6.	Acuerdo Ministerial 097-A	23

8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	24
9.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	24
9.1.	Métodos	24
9.1.1.	Método Cualitativo	24
9.1.2.	Método Cuantitativo	25
9.1.3.	Método inductivo	25
9.1.4.	Método Cartográfico	25
9.1.5.	Método Documental	25
9.2.	Técnicas	25
9.2.1.	Técnica de Campo	25
9.2.2.	Técnica de Laboratorio	25
9.2.3.	Técnica de Análisis	26
9.2.4.	Técnica de árbol de problemas	26
9.3.	Instrumento	26
9.3.1.	QGIS	26
9.3.2.	Red Patada	26
9.3.3.	Fichaje	26
9.3.4.	GPS	26
9.3.5.	Estereoscopio	27
9.3.6.	Guía Taxonómica	27
9.3.7.	Espectrofotómetro	27
9.3.8.	EPP	27
9.4.	Selección de puntos de muestreo	27
9.5.	Técnica de recolección de las muestras de Macroinvertebrados	28
9.5.1.	Red de patada	28
9.5.2.	Procedimiento	28
9.5.3.	Técnica de laboratorio	29

9.6.	Técnica de recolección de muestras para análisis fisicoquímico.	29
9.6.1.	Materiales	29
9.6.2.	Procedimiento	29
9.7.	Análisis de DQO	30
9.7.1.	Materiales y reactivos	30
9.7.2.	Procedimiento	30
9.8.	Análisis de Cromo y Nitrato	30
9.8.1.	Procedimiento	31
9.9.	Titulación de Calcio y Magnesio.	31
9.9.1.	Determinación de Calcio y Magnesio	32
9.9.2.	Procedimiento	32
9.9.3.	Cálculos:	32
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
10.1.	Resultado de los Índices Biológicos	34
10.2.	Parámetros físico químico	38
10.2.1.	Dureza del agua	41
10.3.	Análisis Estadístico	42
10.4.	Resultados de parámetros físico químico mediante el ICA	43
10.5.	Propuesta de conservación de agua del río Cunuyacu a las comunidades aledañas.	46
10.5.1.	Objetivo General	46
10.5.2.	Localización	47
10.5.3.	Identificación de problemas	47
10.5.4.	Para la propuesta de estrategias se basó en el método Iceberg.	48
10.5.5.	Aspectos (Social, Cultural, Económico y Ambiental)	48
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	51
11.1.	Sociales	51

11.2.	Ambientales	51
11.3.	Económicos	51
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
12.1.	Conclusiones	52
12.2.	Recomendación	53
13.	BIBLIOGRAFIA	54
14.	ANEXOS	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios directos e indirectos del proyecto.....	3
Tabla 2 Actividades en relación a los objetivos planteados.	5
Tabla 3 Clasificación del Índice de Calidad de Agua.....	11
Tabla 4 Puntaje para macroinvertebrado acuáticos según el índice ABI.	12
Tabla 5 Valores de la calidad de agua según el índice ABI.	13
Tabla 6 Valores del índice BMWP/col.....	14
Tabla 7 Puntajes de las familias de macroinvertebrado acuáticos para el índice BMWP/col.	14
Tabla 8 Evaluación de diversidad según Shannon-Weaver.....	16
Tabla 9 Valoración de la calidad de agua según el índice EPT.....	17
Tabla 10 Coordenadas geográficas de puntos de muestreo.	27
Tabla 11 Materiales y equipos para la recolección, identificación y etiquetado de las muestras.	28
Tabla 12 Materiales y reactivos para análisis de cromo y nitrato.....	31
Tabla 13 Materiales y reactivos utilizados para la titulación.	31
Tabla 14 Resultado de la calidad de agua del río Cunuyacu en el mes de mayo.	34
Tabla 15 Resultado de la calidad de agua del río Cunuyacu del mes de junio.....	36
Tabla 16 Resultado de los índices biológicos del mes de mayo y junio.....	37
Tabla 17 Presentación de resultados fisicoquímico en el mes de mayo.	39
Tabla 18 Presentación de resultados fisicoquímico del mes de junio.	40
Tabla 19 Presentación de resultados de la dureza del agua en el mes de mayo.	41
Tabla 20 Presentación de resultado de la dureza del agua en el mes de junio.	41
Tabla 21 Análisis de probabilidad de error en Anova de los parámetros fisicoquímico.	42
Tabla 22 Presentación del Índice de Calidad de Agua (CCME-WQI).....	44
Tabla 23 Propuestas de estrategias de conservación del río Cunuyacu.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del río Cunuyacu y puntos de muestreo.....	33
Figura 2 Causa y efecto de la contaminación del río Cunuyacu.	47
Figura 3 Implementación de propuestas de estrategias de manejo de recurso hídrico.....	48

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Determinación de la calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu, para una propuesta de manejo de recurso hídrico en el cantón Latacunga, período 2023”

Fecha de inicio:

10 de abril del 2023

Fecha de finalización:

14 de agosto del 2023

Lugar de ejecución:

Provincia Cotopaxi, Cantón Latacunga, parroquia Ignacio Flores, río Cunuyacu.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Ambiental

Equipo de Trabajo:

Tutor: Mg. José Luis Ágreda Oña

Estudiante 1: Monica Alexandra Baltazaca Ante

Estudiante 2: Lisbeth Priscila Lasluisa Toapanta

LECTOR 1: Mg. Vladimir Ortiz

LECTOR 2: Ph.D. Patricio Clavijo

LECTOR 3: Ph.D. José Andrade

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la Biodiversidad Local.

Sublínea de Investigación de la Carrera:

Manejo y Conservación de Recurso Hídrico

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la vida, sin embargo, la calidad del recurso hídrico ha sido afectada por el crecimiento demográfico, ganadería, la agricultura entre otros. El río Cunuyacu muestra evidencia de contaminación, dado que, diariamente recibe descargas de aguas negras sin previo tratamiento, la acumulación de desechos sólidos a lo largo del afluente.

El presente estudio aporta resultados de calidad de agua mediante bioindicadores macroinvertebrados y análisis fisicoquímico en tres puntos de muestreo de los sectores: Locoá, Colegio Trajano Naranjo y Molinos Poulter, asimismo aporta con información indispensable para determinar los impactos ambientales, sociales y económicos, en la cual permite realizar una propuesta de estrategias de manejo del recurso hídrico, mediante el desarrollo del presente proyecto de investigación, se benefician de manera directa la parroquia de Ignacio Flores y de manera indirecta el cantón Latacunga.

La presente investigación ayuda a llevar a cabo los conocimientos académicos adquiridos en el aula, de la misma manera permite cumplir con el proceso de líneas de vinculación de la carrera de Ingeniería Ambiental que está enfocada en Gestión de Recurso Atmosférico, hídricos, suelo y Desechos comunes y peligrosos junto al pueblo.

Los resultados obtenidos indican el grado de contaminación que presenta el río Cunuyacu, y de esta manera informar a la población para que actúen y cumplan con las estrategias planteadas con la finalidad de prevenir, conservar y proteger el recurso hídrico.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

En la tabla 1 indica los beneficiarios directos e indirectos del río Cunuyacu, como son la parroquia Ignacio Flores y la ciudad de Latacunga.

Tabla 1

Beneficiarios directos e indirectos del proyecto

BENEFICIARIO DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Parroquia de Ignacio Flores: 19.161	Cantón Latacunga: 109.890

Nota: La siguiente tabla representa los datos de la población de la parroquia Ignacio Flores y la ciudad de Latacunga como beneficiarios directos e indirectos del proyecto. *Fuente:* (Plan de Desarrollo del Cantón Latacunga, 2016-2028).

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El agua es un recurso natural, indispensable para la vida de los seres vivos, sin embargo, Barceló & López (2008) señala que la calidad del agua en los últimos años a nivel mundial se ve perjudicada debido a diversas actividades que el ser humano lleva a cabo.

Ecuador enfrenta varios problemas de contaminación del agua que afecta tanto a fuentes de agua dulce como a cuerpos de agua costeros, una de las principales causas de la contaminación del agua en el país es la descarga industrial de productos químicos y residuos industriales sin previo tratamiento (Márquez, 2021).

El río Cunuyacu es uno de los afluentes que desembocan en la microcuenca del río Cutuchi, entre los principales problemas que se encuentran en este río “son los pesticidas, herbicidas y fertilizantes con altos niveles de fosfatos y nitratos las cuales son utilizados en las actividades agrícolas” (Pacheco & Toapanta, 2015), los asentamientos humanos, además se observa la acumulación de basuras y escombros a lo largo del río, así como la descarga directa de aguas residuales sin ningún tratamiento previo al efluente, estos factores afecta negativamente la calidad del río, estos factores tiene un impacto negativo a la calidad del río, afectando directamente a los ecosistemas y al ser humano.

Estos problemas de calidad del agua en el río Cunuyacu requieren medidas de mitigación y gestión adecuadas. Es importante implementar políticas

ambientales más estrictas, promover prácticas agrícolas sostenibles, mejorar la infraestructura de tratamiento de aguas residuales y fomentar la conciencia y la educación ambiental en la comunidad local. De la misma manera se requiere de una colaboración activa entre los gobiernos, las empresas y la sociedad civil para abordar y solucionar estos problemas y recuperar la calidad del agua del río Cunuyacu.

5. OBJETIVOS

5.1.General

Determinar la calidad de agua mediante la identificación de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Cunuyacu para una propuesta de manejo de recurso hídrico en el cantón Latacunga, período febrero- agosto 2023.

5.2.Específicos

- Definir geoespacialmente los puntos de muestreo en el río Cunuyacu.
- Evaluar la calidad de agua mediante bioindicadores con la aplicación de los índices (BMWP/col, ABI, EPT, Shannon Weaver) y análisis fisicoquímico con la aplicación del ICA.
- Elaborar estrategias para mejorar la calidad del recurso hídrico del río Cunuyacu.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la tabla 2 hace referencia a los objetivos planteados con cada uno de los objetivos, mediante metodologías para la obtención de resultados para determinar la calidad del agua.

Tabla 2

Actividades en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADO
Definir geoespacialmente los puntos de muestreo en el río Cunuyacu.	· Recorrido del área de estudio · Ubicación geoespacialmente los shapes	· De Campo · Cartográfico	· Mapa de los puntos de muestreo.
Evaluar la calidad de agua mediante bioindicadores con la aplicación de los índices (BMWP/col, ABI, EPT, Shannon weaver) y análisis fisicoquímico con la aplicación del ICA.	· Muestreo macroinvertebrados en los puntos establecidos. · Muestreo el agua del río Cunuyacu para análisis físico químico. · Cálculo de índices de calidad para bioindicadores e ICA.	· Análisis Cualitativo · Muestreo de agua según la INEN 2169. · Índices calculados según EPT, BMWP/COL, ABI y SHANNON WEAVER. · Cálculo ICA para determinar calidad de agua para preservar ecosistemas acuáticos. · Estadístico	· Informe de diagnóstico de la calidad del agua del río Cunuyacu.
Elaborar estrategias para mejorar la calidad del recurso hídrico del río Cunuyacu.	Elaboración de una propuesta de estrategias para la conservación del recurso hídrico.	· Investigación bibliográfica. · Método de Árbol de problemas e Iceberg	Propuesta

Nota: Actividades, metodología y resultado en relación a los objetivos específicos planteados en el proyecto de investigación. *Fuente:* Elaborado por autores.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Agua

El agua es un recurso hídrico vital, que contiene diferentes tipos de parámetros físicos químicos que son tomados en cuenta para estudios de calidad del agua, como son turbidez, temperatura, pH, conductividad, Calcio, Magnesio, metales pesados entre otros.

El agua es un recurso vital, cubre más del 70 % de la superficie del terrestre; se la existe en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es fuente y sustento de la vida, ayuda a regular el clima del mundo (Fernández, 2012). Los parámetros fisicoquímicos brindan amplia información sobre la naturaleza de las especies

químicas en el agua y sus propiedades físicas, pero no sobre sus efectos en los organismos acuáticos (Samboni Ruiz et al., 2007).

7.1.1. Calidad De Agua

La calidad de agua hace mención de los parámetros establecidos a los que se debe cumplir de acuerdo a sus diferentes actividades de producción como son: consumo humano, riego, agricultura, industria, recreación y vida silvestre.

Las propiedades físicas y químicas de una muestra de agua se comparan con estándares o pautas para la calidad del agua para determinar la calidad del agua. Este concepto se relaciona principalmente con el uso del agua para consumo humano, sin embargo, la calidad del agua también puede inferirse la calidad del agua de acuerdo a otros usos (Baeza Gómez, 2016).

7.1.2. Contaminación Del Agua

El agua es un medio en presentarse la contaminación por la fluidez y su velocidad, es de mayor evidencia por su efectos o cambios que genera la contaminación, todas las aguas domésticas, industriales y de alcantarillado es enviado a ríos, esteros, mares.

La contaminación del agua se entiende como un proceso en el cual el material se introduce en el agua para cambiar su calidad y composición química según la Organización Mundial de la Salud. El agua sanitaria está contaminada "si la composición fue modificada de la siguiente manera no cumple las condiciones necesarias para el uso para el que estaría destinado como tal natural" (Guadarrama et al., 2016).

7.1.3. Contaminación de ríos en Ecuador

La contaminación en los ríos del país es un problema por la producción industrial, petrolera, actividades de minería, los mataderos, por la producción agrícola entre otras actividades que contaminan y no busca dar un tratamiento previo antes de contaminar las aguas de los ríos ecuatorianos.

Los ríos ecuatorianos siguen siendo el destino principal de las aguas residuales domésticas no tratadas con alto nivel de contaminación, esto tiene graves consecuencias para los ecosistemas y afecta la salud del consumidor (Dávalos,

2021). Los principales factores que inciden en la contaminación del río Guayas y sus afluentes son las continuas descargas de aguas residuales, desechos tóxicos, polución del suelo, sólido flotantes, entre otros, por lo tanto, se recomienda un adecuado control y tratamiento de aguas residuales (Baquerizo et al., 2019).

7.1.4. Contaminación de ríos en Cotopaxi

La contaminación en ríos de Cotopaxi es muy evidente ya existen muchos casos por la falta de la implementación de las plantas de tratamiento que se debería ejercer en cada ciudad para desinfectar las aguas que generan nuestros hogares, las empresas o industrias, como no mencionar también los hospitales que son unos de los más contaminantes, que cada uno de los mencionados emiten a los ríos ya este es el caso del río Cutuchi.

Uno de los problemas principales que enfrenta la provincia de Cotopaxi es la contaminación de los ríos, siendo el principal factor, la falta de tratamiento de aguas residuales y la descarga directa de aguas residuales al río Cutuchi, Aláquez y Pumacunchi (Chachipanta, 2022).

7.1.5. Principales contaminantes del agua.

Los seres humanos son muy consumistas, por lo cual tenemos gran cantidad de desechos sólidos y líquidos que terminan en ríos, causando la contaminación del agua, amenazando gravemente el medio ambiente, la salud del ser humano y animal.

De acuerdo a (Rotoplas, 2019) los principales contaminantes del agua son:

- La industrialización
- La basura
- Productos químicos
- Agentes patógenos
- Sustancias radioactivas

7.2. Parámetros fisicoquímicos

7.2.1. Temperatura

La temperatura es una variación de frío y calor donde ayuda a la supervivencia de muchas especies biológicas en el agua, tanto como la vegetación

del espacio, también tiene una relación directa con el oxígeno disuelto, y la demanda biológica de oxígeno.

Los cambios en la temperatura natural de las vías fluviales pueden ocurrir cuando el agua de escorrentía se descarga a una temperatura más alta que el agua que fluye naturalmente, cuando la vegetación ribereña cambia debido a la deforestación y la degradación de los bosques ribereños, y cuando las vías fluviales reciben más radiación solar. Alternativamente, la transferencia térmica de la infraestructura construida a temperatura afecta directamente no solo la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos, sino también la actividad y respiración de los organismos (Aguas urbanas, 2018).

7.2.2. pH

El pH es para medir la acidez o alcalinidad en el que se encuentra el agua, para así determinar si es adecuada o no para una actividad productiva cabe recalcar que el pH varía con la temperatura es decir a mayor temperatura menor pH se da por la separación de moléculas de oxígeno e hidrógeno.

El pH es una propiedad química que mide la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. El pH se toma como el logaritmo negativo de la actividad del protón (H⁺) en soluciones acuosas (Osorio, N. W., 2012).

7.2.3. Conductividad

Es un parámetro físico, la conductividad del agua es la capacidad del agua de transportar electricidad a través de iones disueltos.

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida para conducir la corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. La conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua, porque la solubilidad de la sal en el agua depende de la temperatura (Solís et al., 2017).

7.2.4. Cromo

El cromo hexavalente es una sustancia tóxica, cancerígena que es posible encontrar en rocas o plantas, por lo tanto, es un parámetro químico que se estudia en el agua, además que forma parte de los metales pesados.

El cromo es un elemento que ha sido identificado tanto como un micronutriente esencial, como un agente carcinogénico, dependiendo de su forma química (Arauzo et al., 2003). El cromo hexavalente es un compuesto tóxico en ocasiones se encuentra en el agua. También conocido como cromo-6 o Cr (VI). Es insípido e inodoro, que se encuentra naturalmente en las rocas, el suelo y las plantas (Fluence, 2020).

7.2.5. Demanda Química De Oxígeno (DQO)

Se puede decir que la demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno que se necesita para degradar la materia orgánica y al realizar análisis en agua esta se obtiene en 3 horas. DQO es utilizada para conocer la concentración de las fracciones biodegradables como las no biodegradables de la materia orgánica.

El límite máximo permisible es de 250 mgO₂/L (Restrepo et. al., 2002).

7.2.6. Dureza del agua

La Dureza Total, se refiere a la concentración total de iones calcio y magnesio disueltos, que precipitan en forma de carbonatos.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua blanda se define como aquella que tiene una concentración de menos de 60 mg/L, el agua medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, el agua dura de 121 y 180 mg/L y agua muy dura con valores superiores a 180 mg/L de Carbonato de Calcio (CaCO₃) (Mora & Alfaro, 1999).

7.2.7. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es esencial para la supervivencia de los organismos acuáticos, pero sin embargo esta es conocida por ser inversamente a la temperatura, es decir a mayor temperatura menor cantidad de oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso en el agua, es un indicador de contaminación, de la misma manera puede dar soporte a la vida vegetal y animal. Por lo común, el nivel más alto se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, si los niveles de oxígeno disuelto son muy bajos es de mala calidad (Peña, 2007).

7.3. Indicadores

Los indicadores son formas de determinar el objetivo y metas determinando mediante programas los impactos.

Son herramientas para clarificar y definir los objetivos e impactos, medidas verificables de cambios o resultados que tiene como objetivo desarrollar, evaluar, estimar o demostrar el progreso, con respecto a metas establecidas, produciendo productos y cumpliendo los objetivos” (Mondragón, 2002).

7.3.1. Bioindicadores

Los bioindicadores son especies (o grupos de especies) que tienen requisitos relacionados con uno o más parámetros físicos o químicos, de modo que los cambios en la presencia/ausencia, el número, la morfología o el comportamiento de esa especie indican que los parámetros físicos o químicos están cerca de su tolerancia límite (Gamboa et al., 2023).

Bioindicadores son respuestas biológicas, en presencia perturbación ecológicas y referidos como organismos o sistemas biológicos que evalúan cambios en la calidad ambiental.

7.3.2. Bioindicadores del agua

Los bioindicadores son nuevas herramientas para la determinación de la calidad del agua, en campo y laboratorio mediante índices de diversidad ajustados a intervalos de calificación del agua. Este organismo es considerado bioindicadores cuando tiene su valoración a la tolerancia de acuerdo a su hábitat y su alimentación.

Los indicadores generalmente utilizados en el monitoreo de la calidad del agua son: bacterioplancton, fitoplancton, perifiton, macrófitas, macroinvertebrados y peces (Aguas urbanas, 2018).

7.3.3. Macroinvertebrados Acuáticos

Los macroinvertebrados son pequeños animales invertebrados acuáticos que se puede observar a simple vista, y son bioindicadores de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados se definen generalmente como aquellos invertebrados que se observan a simple vista o que son retenidos por una red de malla de aproximadamente 125 μ m (Hanson et al., 2010). Los macroinvertebrados pueden determinar la presencia de efemerópteros, plecópteros y tricópteros en la cual indica que el agua está oxigenada. La abundancia de oligoquetos y quironómidos indican la contaminación orgánica y desoxigenadas (Aguas urbanas, 2018).

7.4. Índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad del agua muestra el grado de contaminación del agua y se expresa como un porcentaje del agua. Así, el agua altamente contaminada tendrá un valor cercano o igual a cero por ciento, mientras tanto el agua en excelentes condiciones tiene un valor del índice cercano al 100% (Gutiérrez et al., 2010).

Tabla 3

Clasificación del Índice de Calidad de Agua.

ICA	Calificación
95- 100	Excelente
80- 94	Buena
65-79	Favorable
45- 64	Regular
0-44	Mala

Nota: Tabla de ponderación del ICA respecto a su porcentaje de aceptación. *Fuente:* (ANA, 2013)

7.5. Índices Biológicos

Conocidos por su capacidad de sintetizar información sobre su entorno, los indicadores biológicos son excelentes herramientas de gestión y comunicación porque brindan información única y complementaria a otro tipo de mediciones, como las que brindan los parámetros fisicoquímicos (Gómez et al., 2019).

7.5.1. Índice biológico andino (ABI)

El índice biológico andino permite la clasificación de la calidad ecológica de los ecosistemas, con base al índice BMWP, en los ríos altoandinos por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar. En el ABI contiene menos familias de macroinvertebrados debido a la limitada distribución altitudinal y la diferente tolerancia a los disturbios ambientales (Acosta et al., 2009).

Tabla 4

Puntaje para macroinvertebrado acuáticos según el índice ABI.

Orden	Familia	Puntuación	Orden	Familia	Puntuación
Tricladida	Planariidae	5		Veliidae	5
Hirudinea	-	3		Gerridae	5
Oligochaeta	-	1	Heteróptera	Corixidae	5
	Ancyliidae	6		Notonectidae	5
	Physidae	3		Belostomatidae	4
	Hydrobiidae	3		Naucoridae	5
Gastropoda	Lymnaeidae	3		Helicopsychidae	10
	Planorbidae	3	Calamoceratidae	10	
Bivalvia	Sphaeriidae	3	Odontoceridae	10	
Amphipoda	Hyalellidae	6	Leptoceridae	8	
Ostracoda	-	3	Polycentropodidae	8	
Hydracarina	-	4	Hydroptilidae	6	
	Baetidae	4	Trichoptera	Xiphocentronidae	8
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10		Hydrobiosidae	8
	Leptohiphidae	7		Glossosomatidae	7
	Oligoneuridae	10		Hydropsychidae	5
	Perlidae	10	Anomalopsychidae	10	
Plecoptera	Gripopterygidae	10	Philopotamidae	8	
Lepidoptera	Pyralidae	4	Limnephilidae	7	
	Blepharoceridae	10	Ptilodactilidae	5	
Diptera	Simuliidae	5	Coleoptera	Lampyridae	5
	Tabanidae	4		Psephenidae	5
	Tipulidae	5		Scirtidae	5

<u>Limoniidae</u>	4	<u>Staphylinidae</u>	3
<u>Ceratopogonidae</u>	4	<u>Elmidae</u>	5
<u>Dixidae</u>	4	<u>Dryopidae</u>	5
<u>Psychopodidae</u>	3	<u>Gyrinidae</u>	3
<u>Dolichopodidae</u>	4	<u>Dytiscidae</u>	3
<u>Stratiomyidae</u>	4	<u>Hydrophilidae</u>	3
<u>Empididae</u>	4	<u>Hydraenidae</u>	5
<u>Chironomidae</u>	2	<u>Aeshnidae</u>	6
<u>Culicidae</u>	2	<u>Gomphidae</u>	8
<u>Muscidae</u>	2	<u>Libellulidae</u>	6
<u>Ephydriidae</u>	2	<u>Coenagrionidae</u>	6
<u>Athericidae</u>	10	<u>Calopterygidae</u>	8
<u>Syrphidae</u>	1	<u>Polythoridae</u>	10

Nota: La tabla nos muestra la puntuación para ABI respecto al orden y familia a que pertenece.
Fuente: (Toledo & Mendoza, 2016).

Tabla 5

Valores de la calidad de agua según el índice ABI.

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

Nota: Es la puntuación para ABI con respecto a las familias encontradas de la tabla anterior *Fuente:* (Acosta et al., 2009).

7.5.2. Índice BMWP/COL

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) es un método sencillo que evalúa la calidad del agua utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, basado en el análisis de la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados que son tolerantes o sensibles a la contaminación, y proporciona resultados rápidos y fiables para la evaluación de la calidad del agua (Alba & Sánchez, 1988).

En la escala del BMWP-Col, una puntuación inferior a 15 indica una calidad de agua muy crítica y los puntajes ≥ 120 presentan una buena calidad de agua. Los

valores intermedios comprenden categorías de calidad entre crítica y aceptable (Forero et al., 2014).

Tabla 6

Valores del índice BMWP/col.

Clase	Calidad	Valor	Significado	Color
I	Buena	> 120 101-120	Aguas limpias Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Azul
II	Aceptable	61 – 100	Evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy Contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Nota: La tabla representa la calidad del agua de acuerdo al puntaje de familias de BMWP/col.
Fuente: (Sánchez, 2005).

Tabla 7

Puntajes de las familias de macroinvertebrado acuáticos para el índice BMWP/col.

Familias	Puntaje
Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psepheniidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydroenidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidac, Simuliidae, Veliidac.	8
Baetidae, Caemidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hidropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnychidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6

Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae	2
Tubificidae	1

Nota: Representa el puntaje de las familias para determinar la calidad de macroinvertebrados.
Fuente: (Roldán, 2016)

7.5.3. Índice de diversidad de SHANNON – WEAVER

Shannon-Weaver es uno de los índices más utilizados para medir la biodiversidad (Shannon & Weaver, 1964), este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: número de especie presente y abundancia relativa (PLA, 2006). Para el cálculo del índice de Shannon - Weaver se aplica la siguiente fórmula:

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

Dónde:

S= número de especies

Pi= abundancia relativa de las especies

ni = número de individuos de las especies

N= número de todos los individuos de todas las especies

Tabla 8

Evaluación de diversidad según Shannon-Weaver.

Índice de Shannon	Diversidad
3,5 – 5	Alta
1.6 – 3.4	Media
0 – 1.5	Poca

Nota: Representa la diversidad de cada los individuos analizados, representativamente si es alta, media o baja. *Fuente:* (Medrano et al., 2017)

7.5.4. Índice EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*)

El índice EPT relaciona la abundancia de grupos indicadores de buena calidad de agua basándose en tres órdenes de macroinvertebrados más sensibles a la contaminación, los grupos EPT son: Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera (Carrera & Fierro 2001). Para calcular se basa en dividir el número de EPT recolectados en la muestra para la cantidad total de macroinvertebrados:

$$EPT = \frac{N_{EPT}}{N} \times 100$$

Dónde:

NEPT= Número total de individuos EPT en la muestra

N= Número total de individuos en la muestra

Este índice clasifica los cuerpos de agua en cuatro clases de calidad de agua, que van con rangos porcentuales que van desde mala (0% -24%) a muy buena (75 % -100%).

Tabla 9

Valoración de la calidad de agua según el índice EPT.

Porcentaje EPT	Calidad del agua
75 – 100 %	Muy buena
50 – 74 %	Buena
25 – 49 %	Regular
0 – 24 %	Mala

Nota: Representa la calidad del agua de acuerdo a las tres órdenes de macroinvertebrados. *Fuente:* (Carrera & Fierro, 2001).

7.6. MARCO LEGAL

7.6.1. Constitución de la República del Ecuador

De acuerdo al título II, capítulo segundo de los derechos del Buen Vivir, sección primera de agua y alimentación indica que:

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

Art.14.- El estado reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2021).

Título V Organización Territorial del Estado, capítulo cuarto Régimen de competencias, el artículo 264 el numeral 4 menciona lo siguiente:

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Título VI Régimen de Desarrollo, Capítulo primero Principios generales, el artículo 276 numeral 4 menciona lo siguiente:

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

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).

Título VI RÉGIMEN DE DESARROLLO, Capítulo quinto Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas, Artículo 318 menciona lo siguiente:

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 (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Título VII Régimen del Buen Vivir, capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales, sección sexta de agua en el artículo 411 manifiesta lo siguiente:

Art. 411.- El estado garantiza en este artículo la protección, conservación, recuperación y manejo integral de todos los recursos hídricos. Además, el estado regulará todas aquellas actividades que puedan dañar 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 todos los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Título VII Régimen del Buen Vivir, capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales, sección exta de agua en el artículo 412 dice lo siguiente:

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).

7.6.2. 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:

Art. 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)

En el Título III Derechos, Garantías y Obligaciones, capítulo VI Garantías Preventivas, Sección Primera Caudal Ecológico y Áreas de Protección Hídrica el artículo 79 dice que:

Art. 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:

Art. 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)

7.6.3. Código Orgánico Ambiental

El (Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017)) dice:

Art.191.- Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción (Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017)).

Título III control y seguimiento ambiental, Capítulo IV monitoreo y seguimiento en el artículo 209 dice que:

Art.209.- La Autoridad Ambiental Nacional expedirá mediante este artículo las normas técnicas y los procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de descargas, emisiones y vertidos. Los respectivos análisis se realizan en laboratorios públicos o privados de las universidades de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación (Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017)).

7.6.4. Reglamento del Código Orgánico Ambiental

Título II Conservación In Situ, Capítulo I Sistema Nacional de Áreas Protegidas, SECCIÓN 3a Categorías de Manejo y Zonificación de las Áreas Protegidas en el artículo 141 dice:

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. 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).

Título IV Proceso de participación ciudadana para la regularización ambiental, Capítulo III Mecanismo de control y seguimiento de la calidad ambiental en el art 482 dice que:

Art.482.- El sistema de control ambiental permanente, está constituido por varias herramientas de gestión que permiten realizar seguimiento y control sistemático y permanente, continuo o periódico del cumplimiento de los requisitos legales y normativos, así como de las autorizaciones ambientales (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019).

7.6.5. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 CALIDAD DE AGUA.

1. Manejo y conservación

Es muy importante escoger y preparar los recipientes. El 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.

Las muestras en blanco de agua destilada deben tomarse, conservarse y analizarse como un control de la elección del recipiente y del proceso de lavado (Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169, 2013).

2. Preparación de recipientes

a) Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la

contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados (Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169, 2013).

3. Llenado de recipientes

En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.) (Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169, 2013).

4. Refrigeración y congelación de 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 realiza inmediatamente después de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo (Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169, 2013).

5. Transporte de muestras

Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte. Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable (Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169, 2013).

6. Rotulando

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.) (Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169, 2013).

7. Recepción de 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 (Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169, 2013).

7.6.6. Acuerdo Ministerial 097-A

La presente norma técnica determina o establece:

1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
5. Permisos de descarga;
6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;
7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua (097A, 2015).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Los índices biológicos (BMWP/col, ABI, ¿EPT y Shannon Weaver) y el Índice de Calidad de Agua son adecuados para evaluar la calidad de agua del río Cunuyacu?

Los índices biológicos (BMWP/col, ABI, EPT y Shannon Weaver) y el índice de calidad de agua (ICA) son adecuadas para establecer la calidad del agua del río Cunuyacu, a través de estos índice biológicos se determinó la calidad del agua, en el índice BMWP/col con un valor de 24 dando como resultado una calidad de agua Crítica, con respecto al índice ABI se obtiene valor de 21,67 se encuentra en una calidad de agua Malo, mientras tanto el índice EPT con un valor de 0,62 % se encuentra en una Mala calidad de agua, referente al índice de diversidad Shannon Weaver presenta un valor de 1,5 por lo tanto el río Cunuyacu presenta una diversidad baja. Se recolectó 1557 individuos de macroinvertebrados acuáticos y aplicando los índices biológicos se determinó la calidad del agua en el río Cunuyacu como una mala calidad, los datos obtenidos en los parámetros físico químico establece una mala calidad del agua por lo tanto no es apta para el uso de riego agrícola.

Los resultados obtenidos en los índices biológicos y parámetros fisicoquímicos se tienen un resultado similar de Mala calidad de agua en río Cunuyacu.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1.Métodos

9.1.1. Método Cualitativo

Mediante el método cualitativo se aplicó para la determinación de los puntos de muestreo, deduciendo el lugar de acuerdo a los aspectos ambientales y características observadas del lugar. Cabe mencionar que se aplica este método para la identificación taxonómica de los macroinvertebrados encontrados en los tres puntos del río Cunuyacu, utilizando la guía de los macroinvertebrados acuáticos se realiza la clasificación taxonómica según la clase, orden y familia.

9.1.2. Método Cuantitativo

Con el método cuantitativo se realizó el conteo de los individuos muestreados, mediante la clasificación taxonómica de los macroinvertebrados, los mismos que permitieron desarrollar los índices biológicos.

9.1.3. Método inductivo

El método inductivo se utilizó principalmente para determinar el nivel de contaminación del agua del río Cunuyacu luego de ser recolectada, llevada al laboratorio y su posterior análisis de sus resultados en los tres puntos muestreados.

9.1.4. Método Cartográfico

Mediante software Qgis se realizó el mapa cartográfico del área de estudio y delimitar los puntos de muestreo con las coordenadas geográficas recopiladas.

9.1.5. Método Documental

Se lleva a cabo la propuesta de implementación de estrategias para la recuperación y protección del recurso hídrico, obteniendo la mayor parte de información, principalmente de documentos existentes, se complementa con la información obtenida en la visita in situ que se realizó en los puntos de muestreo a lo largo del río Cunuyacu a través de la observación directa y resultados de los parámetros físico químicos, proporcionar ideas acerca de la solución de la problemática ambiental y un criterio de actividades que ayuden a conservar la calidad del agua.

9.2. Técnicas

9.2.1. Técnica de Campo

Por medio de la técnica de campo se realizó las visitas in situ para la toma de coordenadas geográficas de igual forma para la recolección de las muestras de agua y macroinvertebrados.

9.2.2. Técnica de Laboratorio

Se llevó a cabo la identificación de los macroinvertebrados mediante la observación en el estereoscopio. Consigo también se analizó los parámetros fisicoquímicos como son los nitratos, cromo y DQO en el espectrofotómetro con los kits correspondientes y viales según corresponda.

9.2.3. Técnica de Análisis

Una vez obtenido los resultados del laboratorio se analizó los datos mediante la estadística, para mayor representación de resultados.

Los datos obtenidos a partir de la identificación en el laboratorio se asentaron en hojas de cálculo Excel con el fin de facilitar el cálculo de los índices ya mencionados anteriormente.

9.2.4. Técnica de árbol de problemas

Mediante la técnica de árbol de problemas se identificó el problema central que presenta el río Cunuyacu, en la cual ayuda a comprender y analizar relaciones de causa y efecto para la implementación de propuesta de estrategias para la recuperación y conservación del recurso hídrico.

9.3. Instrumento

9.3.1. QGIS

Qgis es un Sistema de Información Geográfica en la cual ayudó a elaborar mapas cartográficos y delimitar los puntos de muestreo.

9.3.2. Red Patada

Se usó la red patada para la retención de macroinvertebrados y otras partículas, al ser colocada la red en contracorriente del río y posteriormente se removió los sustratos del suelo.

9.3.3. Fichaje

Con el fichaje permitió el registro de datos importantes tomados en el campo como en laboratorio para un posterior análisis, las 10 fichas se emplearon para recopilar datos durante la recolección de muestras en las consta de los siguientes apartados: fecha y hora, número de punto de muestreo, responsable y para análisis fisicoquímico, como registro de clasificación taxonómica y la cantidad de macroinvertebrados.

9.3.4. GPS

Con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se registró las coordenadas geográficas de tres puntos de muestreo del río Cunuyacu.

9.3.5. *Estereoscopio*

Este equipo ayudó a observar de manera más detallada las características que poseen los macroinvertebrados acuáticos.

9.3.6. *Guía Taxonómica*

La guía taxonómica permitió identificar y clasificar por clase, orden y familia de las muestras recolectadas.

9.3.7. *Espectrofotómetro*

Con el espectrofotómetro se llevó a cabo los análisis de los siguientes parámetros: nitratos, cromo, DQO utilizando el espectrofotómetro generando resultados precisos.

9.3.8. *EPP*

El equipo de protección personal ayudó a prevenir el contacto directo con los reactivos químicos utilizados en el laboratorio y con los peligros de ambientes como los microbios al momento de la toma de muestra.

9.4. Selección de puntos de muestreo

En la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2226:2013. Agua: Calidad de agua, muestreo, diseño de programa de muestreo dictan especificaciones para la determinación de los puntos de muestreo que se llevó a cabo un recorrido en la parte alta, media y baja del río Cunuyacu, donde se identificó tres áreas seguras donde no existen riegos y con vías de acceso al sitio de muestreo, posteriormente se ubicaron en un mapa empleando la aplicación Google Earth y Qgis.

Tabla 10

Coordenadas geográficas de puntos de muestreo.

COORDENADAS				
Puntos	X	Y	Altitud	Ubicación
P1	768164.18	9897580.57	2836	Locoa
P2	766868.00	9896594.30	2783	Trajano Naranjo
P3	765602.68	9896071.66	2767	Molinos Poulthier

Nota: Coordenadas geográficas de tres puntos de muestreo las cuales son en el sector Loco, Unidad educativa Trajano Naranjo y Molinos Poulthier. *Fuente:* Elaborado por autores.

9.5. Técnica de recolección de las muestras de Macroinvertebrados

9.5.1. Red de patada

Consiste en colocar una red de patada el tamaño de la malla puede ser de 0,5 a 1 mm, ambos extremos de la red en el fondo del río a contracorriente y capturar los macroinvertebrados acuáticos, moviendo el sustrato con los pies en un tiempo específico de aproximadamente 5 minutos (Carrera & Fierro, 2001).

Tabla 11

Materiales y equipos para la recolección, identificación y etiquetado de las muestras.

Materiales de campo		Materiales del laboratorio
EPP	Cinta métrica	Estereoscopio
GPS	Red de patada	Caja Petri
Balde	Alcohol al 70%	Tubos de ensayo
Bandeja blanca	Marcador sharpie	Pinzas entomológicas
Cooler	Etiqueta	Guía de macroinvertebrados acuáticos
Fundas ziploc		

Nota: Materiales utilizados para la recolección de las muestras del río Cunuyacu. *Fuente:* Elaborado por autores

9.5.2. Procedimiento

Para la recolección de muestras de macroinvertebrado se utilizó la red de patada, para ello se removió los sedimentos y piedras que se encontraban asentadas en el fondo del río mediante patada, con el fin de obtener individuos que se encuentran adheridos a la superficie de los mismos.

Los sustratos que fueron retenidos en la red se ubican en una bandeja blanca, con la ayuda de la pinza entomológicas se extraen los macroinvertebrados, una vez separada las muestras se depositó en una funda ziploc, las muestra se conservó con alcohol al 70% y se procedió al etiquetado, que contiene la siguiente información localidad, fecha y hora, etc. (Ordóñez, L., 2021).

Las muestras etiquetadas se colocaron en un cooler y se transportaron al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi para su posterior identificación.

9.5.3. Técnica de laboratorio

Las muestras de los macroinvertebrados fueron identificadas en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con las pinzas entomológicas se colocaron en la caja petri los individuos, se observó por medio de estereoscopio para una mejor visualización, identificando cada una de sus características, se procedió a clasificar por orden, clase y familia, para ello se hizo uso de la Guía de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua de Gonzáles et al., 2019.

Entre las muestras identificadas se encontraron algunas familias: *Chironomidae*, *Lymnaeidae*, *Lumbricidae*, *Tubificidae*, etc.

Los datos obtenidos a partir de la identificación en el laboratorio se asentaron en hojas de cálculo Excel con el fin de facilitar el cálculo de los índices biológicos ya mencionados anteriormente.

9.6. Técnica de recolección de muestras para análisis fisicoquímico.

Para la recolección de muestra de agua fue basado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, y técnicas de muestreo.

9.6.1. Materiales

Los siguientes materiales fueron utilizados para la recolección de muestras para los parámetros fisicoquímicos.

- Frasco de vidrio
- Cooler
- Etiqueta
- EPP

9.6.2. Procedimiento

Los recipientes fueron lavados de dos a tres veces con el agua a muestrear, se llenaron, una vez que las muestras fueron recolectadas, se procede a cerrarlas de manera inmediata.

Las muestras recolectadas se etiquetaron con los siguientes datos: fecha, hora, lugar, etc.

Posteriormente las muestras se almacenaron en cooler previamente refrigeradas a una temperatura entre 2 °C y 5 °C para su posterior traslado.

Finalmente se transportaron las muestras al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Se analizaron de manera in situ los siguientes parámetros: temperatura (°C), pH, conductividad (uS/cm) y oxígeno disuelto (mg/L) con el equipo multiparámetro HI98194, mientras tanto los siguientes parámetros: DQO, nitrato, cromo, calcio y magnesio fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

9.7. Análisis de DQO

Para el análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utilizó los siguientes materiales y reactivos:

9.7.1. Materiales y reactivos

- Reactor
- Espectrofotómetro
- Viales de DQO 0-150

9.7.2. Procedimiento

Añadir 2ml de la muestra en los viales de DQO en un ángulo de 45 grados y agitar suavemente.

Colocar en el reactor durante 2 horas a una temperatura de 150°C y posteriormente dejar enfriar los viales.

En el espectrofotómetro, elegir el método prueba de tubo en la categoría de DQO 160 e introducir el vial al espectrofotómetro, esperar 10 minutos hasta que suene la mensajería.

9.8. Análisis de Cromo y Nitrato

En la tabla 12 se detalla los materiales y reactivos utilizados para el análisis de cromo y nitratos.

Tabla 12

Materiales y reactivos para análisis de cromo y nitrato.

Materiales		Reactivos
Vasos de precipitación	Espectrofotómetro	Kit de nitrato
Pipeta graduada de 10 ml	Tubos de ensayo	Kit de cromo
Pera		

Nota: Materiales y reactivos utilizados para el análisis de cromo y nitrato. *Fuente:* Elaboración propia

9.8.1. Procedimiento

Tomar con una pipeta 10 ml de la muestra y colocar en un tubo de ensayo.

Colocar un kit de cromo o nitrato, cerrar con su respectiva tapa y agitar la mezcla suavemente.

En el espectrofotómetro, elegir el método de prueba de tubos y por último la categoría de cromo o nitrato respectivamente.

Esperar 10 minutos, continuamos a medir el blanco y medir las muestras.

9.9. Titulación de Calcio y Magnesio.

En la tabla 13 se detallan los materiales del laboratorio y los reactivos utilizados para determinación de calcio y magnesio de muestra de agua (dureza del agua) empleando una valoración complexométrica.

Tabla 13

Materiales y reactivos utilizados para la titulación.

Materiales de Laboratorio	Reactivos
Bureta y soporte universal	Ácido etilen-diamino-tetraacético (EDTA)
Matraz Erlenmeyer de 250 ml	Hidróxido sódico 1 N
Matraz aforado 250ml	Ácido Clorhídrico 0.1 M
Vasos de precipitado de 100ml	Cloruro amónico
Probeta 50 ml	Amoniaco concentrado
Balanza analítica	Negro de eriocromo
pH-metro	

Nota: Materiales y reactivos utilizados para la determinación de Calcio y Magnesio. *Fuente:* Elaborado por autores

9.9.1. *Determinación de Calcio y Magnesio*

Para la determinación de calcio se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1107 Aguas, Determinación de calcio, método EDTA

9.9.2. *Procedimiento*

En un matraz de Erlenmeyer se colocó 50 ml de la muestra a analizar

Se añadieron 2 ml de solución de NaOH o un volumen suficiente para producir un pH 12 o 13.

Posteriormente agitar y añadir 0,1 o 0,2 g de la mezcla del indicador y,

Por último, añadir lentamente la solución titulante de EDTA (0,01M), agitando continuamente hasta el punto final de la reacción.

9.9.3. *Cálculos:*

Las fórmulas establecidas en el NTE INEN 1107 en el 2013.

El contenido de calcio se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$mg/L Ca = \frac{Ax Bx 400,8}{cm^3 \text{ de muestra}}$$

Dureza debida al calcio

$$mg/L CaCO_3 = \frac{Ax Bx 100}{cm^3 \text{ de muestra}}$$

Donde:

A = cm³ de EDTA usado en la titulación.

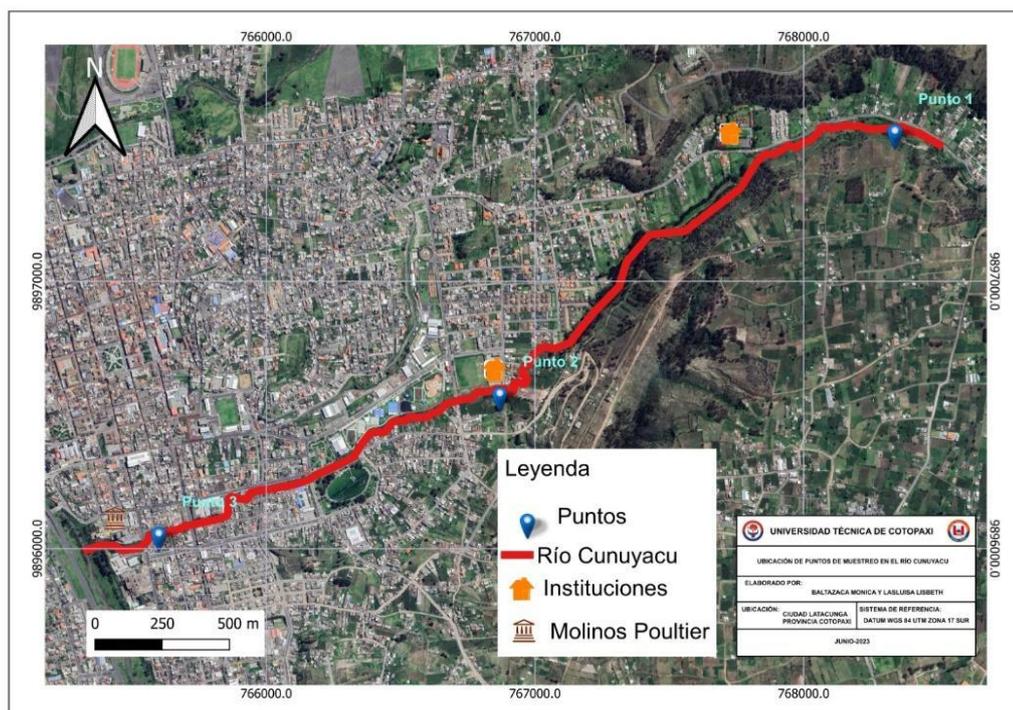
B = cm³ de CaCO₃ equivalente a 1,00 cm³ de EDTA, determinado por titulación con la solución valorada de calcio.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se presenta a continuación la figura 1 que trata sobre el área de estudio y sus puntos seleccionados de una manera estratégica, es decir que el río Cunuyacu nace de una vertiente, y continúa su trayecto por Locoá, Colegio Trajano Naranjo, la Laguna, Molinos Poulthier y desemboca en el río Cutuchi.

Figura 1

Mapa de ubicación del río Cunuyacu y puntos de muestreo



Nota: El río Cunuyacu nace de una vertiente, continuando su trayecto por los sectores de Locoá, Laguna y Molinos Poultier y finalmente desemboca en el río Cutuchi. *Fuente:* Elaborado por autores

El primer punto está ubicada en el sector de Locoá, es una zona de libre acceso, en la cual se encontró aguas tranquilas y de poca profundidad, alrededores del río, se observó especies de flora las cuales son árboles de eucalipto (*Eucalyptus*), árboles de capulí (*Prunus serotina*), chilca (*Baccharis latifolia*), marco (*Ambrosia arborescens*), en su orilla encontramos berros (*Nasturtium officinale*), respecto a fauna se observó vacas (*Bos taurus*), perros (*Canis lupus familiaris*), zancudos (*Culicidae*) y arañas (*Araneae*), además, es importante mencionar que existe acumulación de basura en el río.

El punto 2 se ubica en el colegio Trajano Naranjo Iturralde, en la zona existe descargas de agua residuales domésticos o urbano, las aguas del río las utilizan para el lavado de ropa, el río es de mayor efluente de caudal, es semiprofundo, su sustrato es de abundantes piedras, las especies de flora que se encuentran son escasos entre ellos encontramos pino (*Pinus*), chilca (*Baccharis latifolia*), ciprés (*Cupressus*), presencia de vacas (*Bos taurus*) y arañas (*Araneae*) en el ámbito de fauna.

Punto 3 se encuentra ubicada en el sector Molinos Poultier, es una zona donde a simple vista se observa la mala calidad del río, por descargas de aguas residuales, la profundidad aumenta, la corriente se vuelve más fuerte. En el componente flora se observó chilca (*Baccharis latifolia*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pastizales sobre el muro, presencia de fauna como ratas (*Rattus*) y arañas (*Araneae*), cabe recalcar que no tiene una buena accesibilidad.

10.1. Resultado de los Índices Biológicos

La tabla 14 indica los resultados obtenidos mediante los índices biológicos que se estudiaron en el mes de mayo, para determinar el nivel de contaminación en el que se encuentra el afluente, de acuerdo a las familias de macroinvertebrados encontrados en el río Cunuyacu.

Tabla 14

Resultado de la calidad de agua del río Cunuyacu en el mes de mayo.

Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON - WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Locoa	19	Crítica	24	Malo	3,70 %	Mala	1,5	Poca
Colegio Trajano Naranjo	34	Crítica	29	Malo	0,33 %	Mala	1,4	Poca
Molinos Poultier	21	Crítica	18	Malo	0%	Mala	1,5	Poca
TOTAL	25,3	Crítica	23,7	Malo	1,2 %	Mala	1,4	Poca

Nota: Resultado de la calidad de agua mediante los índices biológicos. *Fuente:* Elaborada por autores

En el mes de mayo la calidad de agua en el primer punto de muestreo correspondiente a sector Loco, de acuerdo al índice BMWP/col presenta un valor de 19 en la cual indica una calidad de agua crítica por lo tanto son aguas muy contaminadas, mientras que el índice ABI presenta una mala calidad de agua con un valor de 24, en el índice EPT se obtuvo un porcentaje de 3,70% generando una mala calidad de agua.

En el segundo punto correspondiente a sector de Colegio Trajano Naranjo, en el índice BMWP/col presenta una calidad de agua dudosa donde se obtuvo un valor 34, para el índice ABI el resultado es de 29 demostrando una calidad de agua malo y el índice EPT indica una mala calidad de agua con 0,33% pese a la existe del individuo del orden Ephemeroptera.

En el sector Molinos Poulitier correspondiente al punto 3, para el índice BMWP/col presenta un valor de 21 demostrando una mala calidad de agua, mientras que los índices ABI con un valor de 18 y EPT con un porcentaje de 0,0% su calidad se muestra malo.

De acuerdo al índice de SHANNON WEAVER presenta una poca diversidad en los tres puntos de muestreo en el mes de mayo y existen 491 individuos distribuidas en diferentes familias de macroinvertebrados, las cuales son: *Chironomidae*, *Lumbricidae*, *Erpobdellidae*, *Baetidae*, *Elimidae*, *Lymnaeidae*, *Ephydriidae*, *Planorbidae*, *Turbicidae*, *Haplotaxidae* las cuales corresponden a la clase de *Grastopoda*, *Hirudinea*, *Oligochaeta*, *Insecta*, *Ostracoda*.

En la tabla 15 presenta resultados de calidad del río Cunuyacu en los tres puntos de estudio (P1 Locoa, P2 Colegio Trajano Naranjo, P3 Molinos Poulitier) en el mes de junio para cada una de los índices biológicos (BMWP/col, ABI, EPT Y Shannon- Weaver).

Tabla 15

Resultado de la calidad de agua del río Cunuyacu del mes de junio.

Punto de muestreo	Calidad del Agua					ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	BMW P/col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT			Calidad
Locoa	22	Crítica	22	Malo	0%	Mal	Media
Colegio Trajano Naranjo	25	Crítica	19	Malo	0,13%	Mal	Poca
Molinos Poulthier	21	Crítica	18	Malo	0%	Mal	Media
TOTAL		Crítica	19,	Malo	0,04	Mal	Media
L	22,7	a	7		%	a	1,6

Nota: Resultado de la calidad de agua de acuerdo a los índices biológicos. *Fuente:* Elaborado por autores

En el mes de junio, en el sector Locoza correspondiente al punto 1 presenta un valor de 22, el segundo punto que corresponde a Colegio Trajano Naranjo con un valor de 25 y el tercer punto que corresponde al sector de Molinos Poulthier con un valor de 21 respecto al índice BMWP/col en los tres puntos de muestreo presenta una calidad de agua crítica que representa por el color naranja, mientras tanto para el índice ABI con un valor de 22 y el índice EPT con 0,0% su calidad de agua muestra malo en el sector Locoza, en el punto 2 que corresponde al Colegio Trajano Naranjo el índice de ABI de 19 y el índice ETP de 0,13% presenta una calidad mala y para el punto 3 correspondiente al sector Molinos Poulthier respecto al índice ABI con valor de 18 y el índice ETP con un valor de 0,0% que representa una calidad de agua mala.

De acuerdo al índice de SHANNON WEAVER presenta una diversidad media en los dos puntos la cual corresponde al sector Locoza y Molinos Poulthier, y en el punto 2 indica una poca diversidad. Existen diferentes familias de macroinvertebrados, las cuales son: *Chironomidae*, *Lumbricidae*, *Erythrodellidae*, *Baetidae*, *Elmidae*, *Lymnaeidae*, *Ephydriidae*, *Planorbidae*, *Turbicidae*, *Haplotaxidae* las cuales corresponden a la clase de *Grastopoda*, *Hirudinea*, *Oligochaeta*, *Insecta*, *Ostracoda*.

En la tabla 16 indica los resultados de la calidad de agua del río Cunuyacu que fue evaluado mediante los índices biológicos (BMWP/col, ABI, EPT y Shannon- Weaver) en los tres puntos de muestreo (P1 Loco, P2 Colegio Trajano Naranjo, P3 Molinos Poulitiers) en el mes de mayo y junio.

Tabla 16

Resultado de los índices biológicos del mes de mayo y junio.

Punto de Muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad	
	BMWP/col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad			
Locoa	Mayo	19	Crítica	24	Malo	3,70 %	Mala	1,5	Poca
	Junio	22	Crítica	22	Malo	0 %	Mala	1,8	Media
Colegio Trajano Naranjo	Mayo	34	Crítica	29	Malo	0,33 %	Mala	1,4	Poca
	Junio	25	Crítica	19	Malo	0,13 %	Mala	1,2	Poca
Molinos Poulitier	Mayo	21	Crítica	18	Malo	0%	Mala	1,5	Poca
	Junio	21	Crítica	18	Malo	0%	Mala	1,8	Media
PROMEDIO		24	Crítica	21,67	Malo	0,62 %	Malo	1,5	Poca

Nota: Tabla resumen de indicadores biológicos en los meses de mayo y junio, para obtener un promedio de la calidad del río. *Fuente:* Elaboración propia.

La calidad de agua acorde a los resultados obtenidos durante el mes de mayo y mes de junio que se ejecutó el muestreo de los macroinvertebrados, en el primer punto que corresponde al sector de Loco de acuerdo al índice (BMWP/col) determino que se encuentra una calidad de agua crítica en el mes de mayo y junio, con respecto al índice ABI presenta una calidad de agua malo en el mes de mayo y

junio, mientras que el índice EPT el resultado muestra una mala calidad de agua durante los dos meses de muestreo, en el índice Shannon Weaver la biodiversidad es media con un valor de 1,8 en el mes de mayo, en el mes de junio con un valor de 1,5 la cual presenta una poca diversidad.

En el punto 2 correspondiente al sector de colegio Trajano Naranjo de acuerdo al índice (BMWP/col) muestra una calidad de agua crítica en el mes de mayo y el mes de junio, en el índice ABI presenta una calidad de agua malo, con respecto al índice EPT muestra una mala calidad de agua en ambos meses de estudio, en cuanto a su biodiversidad es poca en el mes de mayo con 1,4 y en el mes de junio con un valor de 1,2.

Finalmente, en el punto tres de estudio corresponde al sector de Molinos Poulter de acuerdo al índice (BMWP/col) la calidad de agua es crítica en dos meses de estudio, mientras que el índice ABI en el mes de mayo y junio el resultado tiene a ser malo, el índice EPT presenta una mala calidad de agua y para el índice Shannon Weaver en el mes de mayo con 1,5 indica su poca diversidad y para el mes de junio presenta una diversidad media con 1,8.

La mayor abundancia de macroinvertebrado fue registrada en el sector de Colegio Trajano Naranjo siendo la familia Lumbricidae y Chironomidae la más representativa, considerada como macroinvertebrados que soportan aguas contaminadas (Custodio & Chanamé, 2016). En el tercer punto de estudio en el mes de mayo y junio se determinó la mala calidad de agua respecto al índice EPT debido a la ausencia de las familias más sensibles a la contaminación, pertenecientes a los órdenes Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera (Figuroa et al., 2003).

Los macroinvertebrados acuáticos han demostrado ser buenos indicadores para determinar la calidad del ecosistema acuático, debido a que presentan resultados cuantificables frente a diversas perturbaciones del medio.

10.2. Parámetros físico químico

En la tabla 17 muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos en el mes de mayo, en los tres puntos de estudio obtenidos de la manera in situ los siguientes parámetros: pH, temperatura, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto,

en el laboratorio se analizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: DQO, cromo, nitrato, calcio y magnesio.

Tabla 17

Presentación de resultados fisicoquímico en el mes de mayo.

Parámetros Fisicoquímicos				
Mes: Mayo	Unidades	P01	P02	P03
Potencial de Hidrógeno	pH	7,32	7,98	7,73
Oxígeno Disuelto	%	71,80	74,10	55,35
Temperatura	°C	14,69	14,40	16,04
Conductividad Eléctrica	µs/cm	269	692	730
DQO	mg/l	47	75,5	102,5
Nitratos	mg/l	20,3	21	22,45
Cromo	mg/l	0,012	0,008	0,012

Nota: Resultado de análisis de parámetro fisicoquímico. *Fuente:* Elaborado por autores

De acuerdo al resultado obtenido en el mes de mayo en el parámetro químico, como el cromo en el punto 1 se encuentra en un rango bajo es decir dentro de los límites establecidos, en el punto 2 se obtuvo 0,007 mg/l teniendo un incremento de cromo, punto 3 se encuentra con 0,009 mg/l de cromo teniendo a mayor escala presencia de cromo en el río, con respecto a nitratos se obtuvo en el punto 1: 20,3 mg/l, punto 2: 21,3 mg/l y punto 3: 23,5 mg/l dando un incremento sucesivo respectivamente de acuerdo a las actividades que se encuentran río abajo; el DQO se obtiene en el punto 1: 46 mg/l, punto 2: 117 mg/l y punto 3: 48 mg/l observando que en el punto dos se da un aumento de demanda química de oxígeno por mayor concentración de materia orgánica. Se puede establecer que el cromo sobrepasa los límites permisibles para riego en el punto uno y tres con 0,012 mg/L.

La tabla 18 representa los datos obtenidos en el laboratorio y de manera in situ los parámetros físico-químicos para determinar la calidad la calidad de agua del río Cunuyacu.

Tabla 18

Presentación de resultados fisicoquímico del mes de junio.

Parámetros Físico – Químico				
Mes: Junio	Unidades	P01	P02	P03
Potencial de Hidrógeno	pH	7,13	7,96	7,72
Oxígeno disuelto	%	77,5	94,1	55,8
Temperatura	°C	11,2	13	14,2
Conductividad eléctrica	µs/cm	491	651	365
DQO	mg/l	24,5	27	40
Nitratos	mg/l	25,15	25,85	22,8
Cromo	mg/l	0,006	0,012	0,022

Nota: Resultado de análisis de parámetros físico químico. *Fuente:* Elaborado por autores

Se presentan los resultados de los parámetros físico químicos en cada uno de los puntos de estudio en el mes de junio, en el cual se obtiene que todos los puntos cuentan con un pH 7 y mayor a 7 es decir un agua neutra, el oxígeno disuelto se presenta con mayor cantidad en el punto 2 con un 94%, la temperatura asciende desde 11,2 °C en el punto 1 hasta un 14,2°C en el punto 3, con respecto a la conductividad eléctrica tiene mayor presencia en el punto 2 con 651 µs/cm, el parámetro DQO hace referencia con un valor de 24,5 mg/l en el punto 1, 27 mg/l en el punto 2 y 40 mg/l en el punto 3 indicando que en el punto 2 y 3 existe mayor presencia de contaminantes. Mayor presencia de nitratos se encuentra en el punto 1 y 2 con 25 mg/l con respecto al punto 3 con 22,8 mg/l y finalmente la mayor presencia de cromo se da en el punto 2 con 0,022mg/l.

10.2.1. Dureza del agua

Tabla 19

Presentación de resultados de la dureza del agua en el mes de mayo.

Puntos de muestreo	Dureza del agua			
	Dureza Total mg/L $CaCO_3$	Clasificación	Calcio mg/L Ca	Magnesio mg/L Mg
Locoa	125	Poco Dura	50	75
Colegio Trajano Naranjo	348	Muy Dura	139	209
Molinos Poultier	236	Muy Dura	95	141

Nota: Resultado de análisis de Calcio y Magnesio de los tres puntos de muestreo. *Fuente:* Elaborado por autores

Se analiza la dureza obtenida en el agua del río Cunuyacu en cada uno de los puntos establecidos, formados de Calcio y Magnesio, en el punto uno se obtienen un valor de 125 mg/L $CaCO_3$ por lo tanto es clasificado como agua poco dura, en el punto dos se halla un valor de 348 mg/L $CaCO_3$ clasificando como agua muy dura y en el punto tres un valor de 236 mg/L $CaCO_3$ clasificando como agua muy dura, mostrando que el punto dos, el agua con mayor dureza esto por mayor presencia de la sal de magnesio.

Tabla 20

Presentación de resultado de la dureza del agua en el mes de junio.

Puntos de muestreo	Dureza del agua			
	Dureza Total mg/L $CaCO_3$	Clasificación	Calcio mg/L Ca	Magnesio mg/L Mg
Locoa	142	Poco Dura	57	85
Colegio Trajano Naranjo	323	Muy Dura	129	194
Molinos Poultier	341	Muy Dura	137	204

Nota: Resultado de análisis de Calcio y Magnesio. *Fuente:* Elaborado por autores

La dureza presente en cada uno de los puntos en el mes de junio varía de la siguiente forma, en el punto uno, se obtuvo una concentración de 142 mg/L $CaCO_3$ lo cual indica como agua poca dura, en el punto dos, una concentración de 323 mg/L

$CaCO_3$ siendo esta agua muy dura al igual que en el punto tres con 341 mg/L $CaCO_3$ estos por mayor presencia de la sal de magnesio.

10.3. Análisis Estadístico

Tabla 21

Análisis de probabilidad de error en Anova de los parámetros fisicoquímico.

Análisis estadístico ANOVA p-valor			
Parámetros	p1	p2	p3
pH	0,0032	0,2241	>0,9999
Conductividad	0,0001	0,0067	<0,0001
OD	0,602	0,0914	0,9515
Temperatura	0,1251	0,0351	0,2025
Cr	0,2392	>0,9999	0,0292
NO3	0,0922	0,0569	0,7136
DQO	0,0002	0,0678	0,1151
Ca	0,0084	0,0653	0,0013
Mg	0,0049	0,0816	0,001

Nota: Se presentan los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos, para tres repeticiones en los dos meses en cada uno de estudio. *Fuente:* Elaborado por autores

Mediante los resultados estadísticos obtenidos para pH se puede decir que para el punto 1 es más probable que se obtenga error en los datos mientras que en el punto 2 y tres es menos probable que se dé un error. Para el parámetro conductividad en el punto 1 y 3 se obtiene mayor probabilidad de error, sin embargo, en el punto dos es menos probable que se presente el error es decir que el parámetro es independiente, el OD en cada uno de los puntos se encuentran sin probabilidad que se presente el error en la toma de datos y que esta se relaciona con cada uno de los puntos al obtener la media. La temperatura confirma la probabilidad que no se presenta error en los puntos 1, 3, mientras que en el punto 2 se obtiene mayor probabilidad que se presente error debido a las variables climáticas en los días que se tomó la muestra. El cromo presente en el agua representa menor probabilidad de error en que se relacionen con los puntos. Los nitratos en cada uno

de los puntos tienen mayor probabilidad de que se presente error, es decir que se relacionan en cada uno de los puntos. El DQO cumple con la probabilidad de error en los puntos 2 y 3, mientras que en el punto 1 es más probable que se presente error porque los valores varían de acuerdo a su mes. Los parámetros de Ca y Mg existen mayor probabilidad de que los errores.

10.4. Resultados de parámetros físico químico mediante el ICA

La tabla 22 muestra los valores obtenidos de nivel de contaminación mediante el Índice de Calidad de Agua (CCME-WQI) en los tres puntos de estudio (P1 Locoá, P2 Colegio Trajano Naranjo, P3 Molinos Poulthier) en dos meses de muestreo mayo y junio para los parámetros fisicoquímicos tales como: pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, DQO, calcio, magnesio, nitratos y cromo obteniendo una mala calidad de agua para uso agrícola.

Tabla 22*Presentación del Índice de Calidad de Agua (CCME-WQI).*

Río Cunuyacu										Literatura científica comprobada
Parámetros Analizados	Unidades	Límites Permisibles	Locoa		Colegio Trajano N.		Molinos Poultier		Uso Agrícola o Riego	Referencia
			Mayo	Junio	Mayo	Junio	Mayo	Junio		
pH	...	6,5 –8,4	7,2 7	7,1 3	7,9 8	7,9 6	7,7 3	7,7 2	6,5 – 8,4	(Samboni et al., 2007, 10 pág)
Temperatura	°C	15	14, 7	11, 2	14, 4	13	16, 04	14, 2	NA	(Sarabia et al., 2011, 10 pág)
Conductividad	Us/cm	700	243	491	692	651	730	365	700	(Morales et al., 2020)
Oxígeno Disuelto	%	> 80% OD Saturado	71, 8	77, 5	74, 1	94, 1	55, 35	55, 8	NA	(Quinteros Carabalí et al., 2019, 12 pág)
DQO	mg/l	100	47	24, 5	75, 5	27	102, 5	40	NA	(Guilcamagua & Chancusig, 2019)
Calcio	mg/l	200	50	57	139, 5	129, 5	94, 6	136, 7	NA	(Gallo & Quinaluisa, 2023)
Magnesio	mg/l	150	74, 9	85, 09	208, 5	193, 5	141, 4	204, 3	NA	(Chibinda et al., 2017)
Cromo	mg/l	0,1	0,0 1	0,0 06	0,0 1	0,0 12	0,0 12	0,0 22	0,1	(Pauta Calle et al., 2019, 12 pág)
Nitratos	mg/l	5	20, 3	25, 15	21	25, 85	22, 45	22, 8	5	(Custodio & Chanamé, 2016)
ICA- (CCME-WQI)			42,26		41,29		35,52			
			Mala		Mala		Mala			

Nota: Resultado de los parámetros físicos químicos mediante la aplicación del Índice de Calidad de Agua. *Fuente:* Elaborado por autores

Mediante ICA obtenemos el resultado para cada uno de los puntos, considerando que para esta metodología se utilizó el Índice Canadiense de Calidad de Agua CCME -WQI para cada parámetro seleccionado, en la cual en los tres puntos se obtuvo una mala calidad de agua, el primer punto con 42.26, el segundo punto con 41.29 y finalmente el punto tres con 35,52; los parámetros pH, conductividad y cromo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la tabla 6 Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) del Libro VI, Anexo 1.

Los principales parámetros a estudios para valoración físico químico a partir de indicadores son: pH, OD, nitratos. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) se relaciona de forma inversa con la concentración de Oxígeno Disuelto en aguas, siendo un factor importante para determinar la contaminación (Chibinda et al., 2017), sin embargo, DQO se ha limitado, pero es el parámetro más amplio para determinar la contaminación orgánica e inorgánica. Mediante la propuesta canadiense que es comparar los valores obtenidos de los parámetros con la legislación para determinar la calidad del agua (Samboni et al., 2007, 10 pág.).

El Ca y Mg son parte de los parámetros para la calidad de agua de riego porque son sales que pueden ser asociados a la utilización de contenido de sal, estos generan escorrentías superficial o erosión, dispersión de agroquímicos e incremento de sedimentos en el agua. (Yoandris García, 2015, 12 pág.). Los nitratos en el agua no afectan cuando es referente a riego, porque son absorbidos por las plantas, mientras que si se usa fertilizantes y estas van al agua esto afecta con un excedente de nitratos al agua, otro de los parámetros que sobrepasan en uso agrícola es la salinidad (Sarabia et al., 2011, 10 pág.).

(Morales et al., 2020) determina que el intervalo ideal del agua de riego respecto al pH oscila entre 6.5 a 8.4 con ello en la presente investigación cumplen los parámetros establecidos como: pH, temperatura, conductividad 700 us/cm; que fueron tomados in situ, sin embargo, hay parámetros que de igual forma cumplen pero estos obtenidos en los laboratorios como son: DQO a 250 mg/l, Oxígeno

disuelto >80% O saturado, estos siendo los límites de la normativa, a su vez se estudió la dureza del agua (Gallo & Quinaluisa, 2023).

En ciertos ríos del país que estudian la calidad del agua toman en cuenta los parámetros de nitrato y fósforo estos provenientes de fuentes puntuales de descarga de aguas domésticas o residuales y fuentes no puntuales como escurrimientos, a su vez se estudian las concentraciones de Ca y Mg para determinar si son aguas blandas o duras, mediante la asignación o concesión del recurso hídrico se la realiza con el organismo de control SENAGUA esta toma consideraciones a las características (Pauta Calle et al., 2019, 12 pág). La producción agrícola tradicional puede generar impactos negativos al sobrepasar los límites permisibles de nitratos, por el uso de insumos químicos (Guilcamaigua & Chancusig, 2019). Ciertos autores mencionan que existe una estrecha relación entre la conductividad y la salinidad que mientras más alto es el contenido de estas variables más peligroso es para uso agrícola (Quinteros Carabalí et al., 2019, 12 pág.)

10.5. Propuesta de conservación de agua del río Cunuyacu a las comunidades aledañas.

La presente investigación, tiene como objetivo analizar la situación actual del río Cunuyacu de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Actualmente, el agua del río Cunuyacu se encuentra con una contaminación crítica, y está siendo un recurso muy importante para la vida, y además es un recurso utilizado para uso de riego para la agricultura, se ha visto un desinterés de la calidad del agua, ya que la sociedad o moradores cercanos al río son las mismas personas que contaminan el agua, al contaminar con fungicidas, herbicidas, al lavar la ropa en el mismo río e inclusive mandar ropa en el agua así también plásticos, es por ello que las aguas son muy duras y tiene contenido de oxígeno disuelto.

10.5.1. Objetivo General

Establecer una propuesta de estrategias de conservación de agua del río Cunuyacu, para así mejorar el estado actual en el que se encuentra el recurso hídrico.

10.5.2. Localización

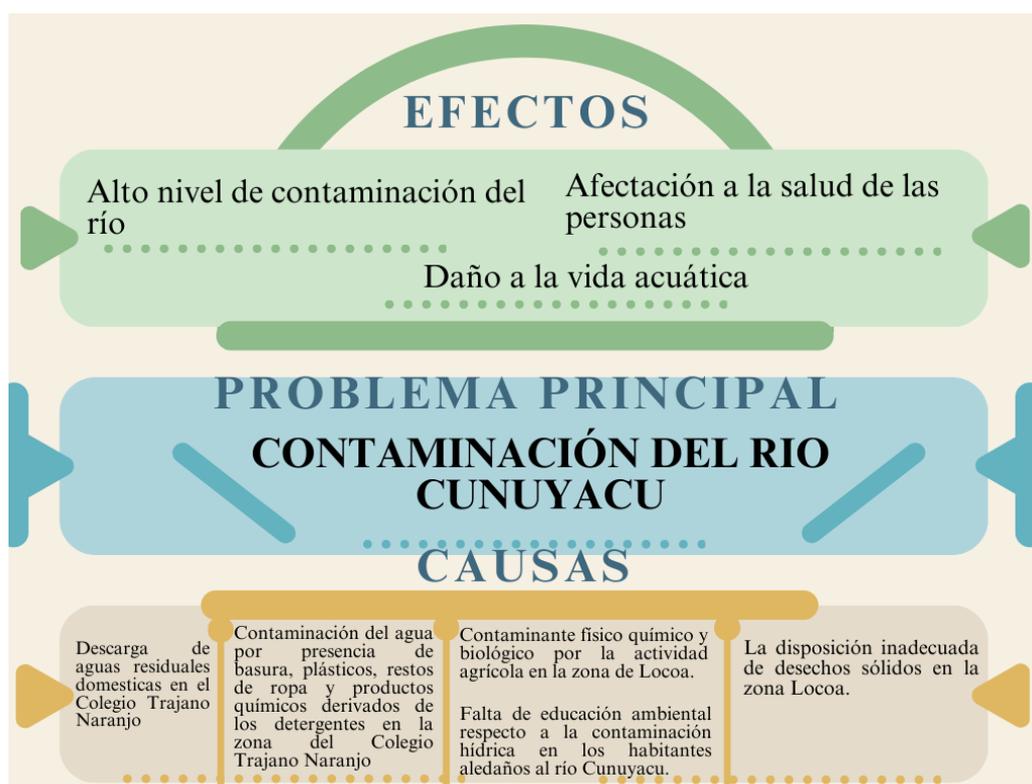
La propuesta de estrategias para la mejora del recurso hídrico va dirigida a la población aledaña al río Cunuyacu, situada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

10.5.3. Identificación de problemas

Para la identificación de problemas que presenta el río Cunuyacu se utilizó el método del Árbol del problema.

Figura 2

Causa y efecto de la contaminación del río Cunuyacu.



Nota: Identificación de causa y efectos de la contaminación hídrica mediante el árbol de problema.

Fuente: Elaborado por autores.

El río Cunuyacu presenta alto nivel de contaminación por diversas fuentes de contaminación como la descarga de aguas residuales domésticas en el sector de Colegio Trajano Naranjo sin previo tratamiento, contaminante físico químico y biológicos por la actividad agrícola que realizan los habitantes del sector de Loco, la disposición inadecuada de basuras y residuos sólidos que son arrasados por la escorrentía de las aguas pluviales, de misma manera la falta de educación ambiental de la población aledaña al río, estos factores afectan negativamente en la salud del

hombre por los vectores que incrementan a lo largo del afluente y malos olores, de la flora y fauna y del ecosistema acuático, siendo necesario la aplicación de políticas ambientales, implementación de prácticas de manejo de residuos y desechos sólidos, capacitación y concientización ambiental, para que garanticen el cuidado, la protección, y la conservación del afluente de esa manera mejorar la calidad del agua.

10.5.4. Para la propuesta de estrategias se basó en el método Iceberg.

Figura 3

Implementación de propuestas de estrategias de manejo de recurso hídrico.



Nota: Implementación de estrategias de manejo de recurso hídrico aplicando el método Iceberg.

Fuente: Elaborado por autores.

Parte visible del Iceberg: La contaminación del agua

Parte oculta del Iceberg: Incluyen aspectos socioeconómicos, políticos, culturales, y comportamientos que contribuyen a la mala gestión del agua del río. Esto implica prácticas agrícolas, falta de regularización y gobernanza efectiva con respecto al recurso hídrico, falta de conciencia pública sobre el uso responsable del agua y otros.

10.5.5. Aspectos (Social, Cultural, Económico y Ambiental)

La propuesta de conservación tiene la finalidad de asegurar el cuidado y conservación del río Cunuyacu en las comunidades aledañas al río, para ello se han

planteado tres objetivos para los aspectos sociocultural, económico y ambiental. Mediante estas estrategias se pretende mejorar y estabilizar la calidad del agua del río Cunuyacu, así disminuir el impacto ambiental causado por los habitantes aledaños al efluente mediante actividades antropogénicas y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico.

Tabla 23

Propuestas de estrategias de conservación del río Cunuyacu.

Aspecto social-cultural			
Objetivo1: Incentivar a la participación comunitaria para el cuidado del medio ambiente			
Estrategias	Actividad	Actores	Marco Legal
Convocar a las comunidades para socializar respecto a las aguas del río y formar una organización	Elección un representante para que esté a cargo de las actividades del cuidado del agua del río	Comunidad Investigados GAD Lideres de la comunidad	Constitución de la República del Ecuador: Art.14, Art. 15, Art. 27, Art. 73,
Elaborará talleres de como conservar el agua y capacitar respecto a los desechos que son depositados en el río.	Emitiendo información sobre problemas ambientales a los actores (comunidad y GAD)		
Realizar reuniones con la comunidad con el fin de compartir información relevante.	Fortalecimiento de reuniones con la ayuda de las autoridades a cargo, sobre la conservación del recurso hídrico.		
Fortalecimiento de acuerdos con la comunidad de la conservación y cuidado del agua de los ríos.	Socialización de las normativas que están en la constitución con respecto al cuidado y conservación de los recursos		
Aspecto Ambiental			
Objetivo 2: Disminuir los contaminantes del río Cunuyacu			
Charlas informativas, incentivando al uso y manejo de recursos de una manera sostenible y sustentable.	Incentivando al cuidado ambiental desde el hogar resaltando la relación ecosistema – cambio climático dentro de la comunidad.	Comunidad Investigados GAD Lideres de la comunidad	Constitución de la República del Ecuador: Art.14, Art. 15, Art. 27, Art. 73
Taller “sobre los detergentes y desechos” y el efecto sobre los recursos hídrico.	La autoridad impartirá el conocimiento sobre el problema que causa el lavado de ropa clandestinas en la zona del Colegio Trajano Naranjo		
Taller “Sobre los desechos sólidos tales como los escombros y basuras en el río”.	Difusión de las consecuencias que surgen cuando arrojan escombros al río.		

Taller participativo sobre las actividades antropogénicas que provoquen alteraciones en la calidad del agua del río. Extensión de información en lo que respecta a los posibles efectos negativos que ocasionan las actividades antrópicas desarrolladas por los habitantes.

Aspecto Económico

Objetivo 3: Reducir los niveles de contaminación en el ecosistema

Coordinación con el GAD parroquial y con la comunidad para la elaboración un sistema alternativo de recolección de desechos.	Capacitación acerca del uso y manejo alternativo de desechos (reciclaje).	Técnico del GAD - Investigador - Comunidad -GAD	57 literal 8; 12, Art. 73, Art. 259, Art. 261 numeral 11, Art. 264 numeral 4, Art. 281, Art. 395, Art. 396
Charlas informativas sobre las actividades que promueven alteraciones en el agua del río.	Información a la comunidad sobre las actividades que provoquen contaminación ambiental, además de las medidas de mitigación.		
Realizar mingas para la limpieza del río.	Limpieza las zonas afectadas por desechos debido a las actividades de los comuneros.		
Taller informativo sobre los cultivos y su alto impacto en los ecosistemas acuáticos al utilizar herbicidas, fungicidas y otros.	Desprenden conocimientos acerca de cómo afecta los herbicidas, fungicidas y otros		

Nota: Propuestas de estrategias para mejorar la calidad del agua del río Cunuyacu. *Fuente:* Elaborado por autores

En base a las estrategias en la tabla 23 para los aspectos socioculturales, económico y ambiental, al cumplir con cada uno de los objetivo del aspecto sociocultural, económico y ambiental y con las actividades planteadas para cada estrategia se reducirá el avance de la contaminación del agua del río Cunuyacu, ubicada en el cantón de Latacunga, provincia de Cotopaxi, a su vez los habitantes aledaños al afluente adoptarán prácticas más sostenibles al realizar sus actividades antropogénicas, contribuyendo al cuidado del medio ambiente y mejorando la calidad del agua del río Cunuyacu.

Las estrategias planteadas en diferentes aspectos fomentarán la conciencia y el compromiso de la comunidad aledaña al río, para proteger el río Cunuyacu, al promover la conciencia sobre la importancia, el cuidado y la conservación del recurso hídrico, se logrará que las comunidades o habitantes interactúen con el

cuidado y la recuperación del río Cunuyacu, de la misma manera fomentar las buenas prácticas ambientales.

Al cumplir con estas actividades y objetivos planteados, se espera un resultado positivo para la recuperación de la calidad del agua del río Cunuyacu y una disminución significativa de la contaminación hídrica.

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

11.1. Sociales

En el presente proyecto de investigación se determinó el rango de calidad de agua del río Cunuyacu el mismo que demostró una mala calidad que posee el mencionado recurso hídrico. La investigación realizada permitirá dar a conocer tanto a la población como a las autoridades sobre la situación actual del afluente, para la toma de medidas necesarias sobre la conservación y protección del recurso hídrico.

11.2. Ambientales

El río Cunuyacu, mediante las visitas in situ realizadas en los diferentes puntos de muestreo se observó la contaminación del río generado por la descarga de las aguas residuales tanto de las poblaciones aledañas como de las industrias, agricultura, sector ganadero y la mala disposición de residuos ya que en ciertos lugares se encuentra basuras, escombros y ropa utilizada, que son impactos relevantes que alteran la calidad del agua. Según los índices biológicos el río Cunuyacu se encuentra en una calidad de aguas muy contaminadas, por lo tanto, se debe comunicar a las autoridades y a la población, en la cual deberá optar estrategias o actividades de prevención, protección y conservación al recurso.

11.3. Económicos

El proyecto de investigación determinó la calidad del agua mediante la aplicación de índices biológicos que utilizan los macro invertebrados acuáticos como indicadores, a un bajo costo. Mientras tanto para el análisis físico químico se requiere de un mayor costo de presupuesto por la cantidad de reactivos necesarios a utilizar. Por lo tanto, se sugiere la aplicación de índices biológicos para determinar la calidad del agua ya que proporciona resultados exactos.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones

Se determinó los puntos de muestreo, considerando la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2226 que se llevó a cabo un recorrido en la parte alta, media y baja del río, considerando la actividad antropogénica que alteran la calidad del agua y la accesibilidad para la toma de muestra.

En el río Cunuyacu en los tres puntos de muestreo en el mes de mayo y junio se recolectaron 1557 individuos de macroinvertebrados acuáticos distribuidas en 18 familia, mediante la aplicación de los índices biológicos (BMWP/Col, ABI, EPT y Shannon - Weaver) se determinó la calidad de agua del río Cunuyacu, según el índice biológico BMWP/Col se demostró una calidad de agua crítica, para el índice ABI la calidad es mala, por otra parte el índice E.P.T se encuentra en una calidad mala por la ausencia de bioindicadores de las familias Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera que son indicadores de buena calidad, finalmente el índice de Shannon - Weaver presenta una diversidad baja. Mediante la aplicación de Índice de Calidad de Agua (CCME-WQI) determina una mala calidad en los tres puntos de muestreo, por lo tanto, no es apta para el uso agrícola de riego.

Se han planteado 12 propuestas de estrategias de conservación del recurso hídrico, para lo cual se ha realizado con sus respectivas actividades para mejorar la calidad del afluente y los hábitos de los habitantes aledaños al río Cunuyacu, teniendo en cuenta algunos de los artículos de la Constitución de la República del Ecuador.

12.2. Recomendación

Se recomienda dar a conocer los resultados obtenidos en el presente proyecto de investigación de la situación actual en la que se encuentra el recurso hídrico a los moradores y a las autoridades, así recuperar y conservar la calidad del agua, teniendo un recurso sostenible para las futuras generaciones.

Se recomienda a las autoridades que ejecuten campañas y charlas de educación ambiental a los residentes locales, referente al estado actual en que se encuentra el río, de esta forma lograr que los moradores involucren no sólo en reconocer la problemática, también en participar en las soluciones y tomar medidas para reducir los efectos negativos del recurso hídrico.

Se recomienda a la población aledaña al río Cunuyacu cumplir con las estrategias planteadas en la presente investigación para contribuir a la recuperación y protección de la calidad del agua del río.

13. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *limnetica*. <https://www.limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-28-1-p-35.pdf>
- Aguas urbanas. (2018, November 14). Monitoreo biológico de calidad de agua – Aguas Urbanas. *Aguas Urbanas*. Retrieved June 28, 2023, from <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/14/monitoreo-biologico-de-calidad-de-agua/>
- Alba, J., & Sánchez, A. (1988). Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Asociación Ibérica de Limnología (AIL)*. Retrieved June 12, 2023, from <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-4-1-p-51.pdf>
- ANA, A. N. d. A. (2013, January 21). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA – PE). *Autoridad Nacional del Agua - ANA - Plataforma del Estado Peruano*. Retrieved July 16, 2023, from https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf
- Arauzo, M., Rivera, M., Valladolid, M., Noreña, C., & Cedenilla, O. (2003). Contaminación por cromo en el agua intersticial, en el agua del cauce y en los sedimentos del río Jarama. *Digital CSIC*. Retrieved August 21, 2023, from [https://digital.csic.es/bitstream/10261/35521/1/Cromo%20en%20Jarama,%20Limnetica%202003%20\(22\)%2087-100.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/35521/1/Cromo%20en%20Jarama,%20Limnetica%202003%20(22)%2087-100.pdf)
- Baeza, E. (2016, noviembre 16). *Calidad del Agua*. BCN. Retrieved June 24, 2023, from <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>

- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solis, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes | Baquerizo | Manglar. Retrieved June 14, 2023, from <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2019.009>
- Barceló, D., & López, M. J. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Fundación Nueva Cultura del Agua. Retrieved June 14, 2023, from https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Chibinda, C., Arada, M. d. I. A., & Pérez, N. (2017, Agosto). Caracterización por métodos físico-químicos y evaluación del impacto cuantitativo de las aguas del Pozo la Calera. SciELO Cuba. Retrieved August 14, 2023, from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212017000200010
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2008, January 25). Ministerio de Defensa Nacional. Retrieved August 8, 2023, from https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Custodio, M., & Chanamé, F. (2016, January 4). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. SciELO Perú. Retrieved August 14, 2023, from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000100004
- Dávalos, N. (2021, September 11). Los ríos Guayas y Machángara son los más contaminados del país. Primicias. Retrieved August 21, 2023, from <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/rios-guayas-machangara-contaminados-pais/>
- Fernández, A. (2012, December 3). Redalyc.El agua: un recurso esencial. Redalyc. Retrieved June 14, 2023, from <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

- Fernández, G., & Johnston, M. (2006). Crecimiento y temperatura. Squeo, FA y Cardemil, L. Fisiología Vegetal. Chile: Ediciones Universidad de La Serena, 28.
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003, Junio). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. SciELO Chile. Retrieved August 13, 2023, from https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200012#NORRIS
- Fluence. (2020, July 29). ¿Qué Es el Cromo Hexavalente? | Fluence. Fluence Corporation. Retrieved August 21, 2023, from <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-el-cromo-hexavalente/>
- Forero, Laura Cristina, Longo, Magnolia, Ramírez R., John Jairo, & Chalar, Guillermo. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE RN-MAE), Colombia. Revista de Biología Tropical, 62(Suppl. 2), 233-247. Retrieved February 22, 2023, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600016&lng=en&tlng=es.
- Gallo, O., & Quinaluisa, L. (2023, Febrero). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE IN. Repositorio UPS. Retrieved August 14, 2023, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24372/1/TTS1183.pdf>
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2023, January 6). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. ¿? - YouTube. Retrieved June 24, 2023, from http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1690-46482008000200001&script=sci_arttext
- García, C. P., Sánchez, F. D., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., ... & Cortés, G. (2008). ¡Todos al agua! Everest.

- Gómez, N., Domínguez, E., Rodríguez, A., & Fernández, H. (2019). Los indicadores biológicos. *ibn*, (conicet. Retrieved July 2, 2023, from <https://ibn.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/113/2021/05/4-Gomez-et-al.-2020-Los-indicadores-biologicos.pdf>
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016, September 7). *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Contaminación del agua. ECORFAN®*. Retrieved June 14, 2023, from https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guilcamaigua, D., & Chancusig, E. (2019). Paper Universitario. Universidad Andina Simón Bolívar. Retrieved August 15, 2023, from <https://www.uasb.edu.ec/wp-content/uploads/2021/04/Doris-Guilcamaigua-1.pdf>
- Gutiérrez, P., Pérez, D., Serrano, L., & Sermeño, J. M. (2010, marzo). (PDF) Clasificación de la calidad del agua de los principales ríos de El Salvador y su relación con las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos. ResearchGate. Retrieved June 13, 2023, from https://www.researchgate.net/publication/261948859_Clasificacion_de_la_calidad_del_agua_de_los_principales_rios_de_El_Salvador_y_su_relacion_con_las_poblaciones_de_macroinvertebrados_acuaticos
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Capítulo 1. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Redalyc. Retrieved June 14, 2023, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44922967001>
- https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291999000200002
- Jiménez, J., & Suárez, A. (2021, marzo). “determinación de la calidad del agua por medio de bioindicadores (macroinvertebrados) en el río cunuyacu provincia de cotopaxi, período 2020-2021.”

LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. (2014, agosto 6). *LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. Agencia de Regulacion y Control del Agua | ARCA. Retrieved July 28, 2023, from [http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-
Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-
Aprovechamiento-del-Agua.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

Márquez, A. (2021, January 22). 8 PROBLEMAS AMBIENTALES en el ECUADOR - Los principales. *Ecología Verde*. Retrieved August 19, 2023, from <https://www.ecologiaverde.com/problemas-ambientales-en-el-ecuador-3145.html>

Medrano, M. d. J., Hernández, F. J. H. J., Rivas, S. C., & Nájera, J. A. (2017, Febrero 12). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Redalyc*. Retrieved July 9, 2023, from <https://www.redalyc.org/journal/634/63454557005/html/#B21>

Meneses-Campo, Yaneth, Castro-Rebolledo, María Isabel, & Jaramillo-Londoño, Angela María. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices bmwp/col. *Y abi. Acta biológica colombiana*, 24(2), 299-310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>

Mondragón, A. R. (2002). ¿Qué son los indicadores? ¿Qué son los indicadores? Retrieved June 24, 2023, from https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w23935w/PSM_U4_R2.pdf

Montoya m., Yimmy, Acosta, Yeimi, & Zuluaga, Elizabet. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ica, el bmwp/col y el aspt. *Caldasia*, 33(1), 193-210. Retrieved april 17, 2023, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-
52322011000100012&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322011000100012&lng=en&tlng=es).

Mora, D., & Alfaro, N. (1999). Caracterización y distribución por cantones de la dureza del agua en las fuentes utilizadas para consumo humano en Costa

Rica. SciELO. Retrieved June 24, 2023, from https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14291999000200002

Morales, N., de la Torre, A., García, V., & Chávez, C. (2020, Noviembre 24). Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023. SciELO México. Retrieved August 14, 2023, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222018000100053

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 2169. (2013). AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. Insistec. Retrieved August 21, 2023, from https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07_descargas/NTE%20INEN%202169%20%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACION%20DE%20MUESTRAS.pdf

Ordóñez, L. (2021). Estudio de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en el río el palto en la parroquia paccha en el periodo abril–septiembre del año 2021.

Osorio, N. W. (2012, April 30). pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. 1 4 pH del suelo y nutrientes. Retrieved August 21, 2023, from <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes>

Pacheco, G. A., & Toapanta, M. A. (2015, julio). Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi: Diseño de medidas de mitigación mediante la determinación de la calidad del agua utilizando bioindicadores del Río Cunuyacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2014 – 2015. Repositorio UTC. Retrieved June 14, 2023, from <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2681>

- Pauta Calle, G., Velazco, M. [., Gutierrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, O., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. 10(2), 76-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345331>
- Peña, E. (2007, junio 26). CALIDAD DE AGUA. dspace.espol.edu.ec. Retrieved July 7, 2023, from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- PLA, L. (2006, Agosto). BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. scielo. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>
- Quinteros Carabalí, J., Gómez García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera Villacrés, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. Siembra, 6(2), 12. <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>.
- Ramírez, Alonso. (2010). Capítulo 2: Métodos de recolección. Revista de Biología Tropical, 58(Supl. 4), 41-50. Retrieved February 23, 2023, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800002&lng=en&tlng=es.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019, June 12). REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE.pdf. Retrieved July 28, 2023, from <https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Roldán, G. (2016, abril 6). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. scielo. Retrieved June 12, 2023, from <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

- Rotoplas. (2019, November 29). 5 principales contaminantes del agua. Rotoplas. Retrieved July 2, 2023, from <https://rotoplas.com.mx/estos-son-los-5-principales-contaminantes-del-agua/>
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007, diciembre). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Redalyc. Retrieved June 14, 2023, from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327320>
- Sánchez, M. J. (2005, julio). Redalyc.El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río. Redalyc. Retrieved June 12, 2023, from <https://www.redalyc.org/pdf/903/90330207.pdf>
- Sarabia, I. F., Cisneros, R., Aceves de Alban, J., Duran, H., & Castro, J. (2011, abril). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, México. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 27(2), 10. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992011000200002
- Shannon, C., & Weaver, W. (1964). *The Mathematical Theory of Communication*. MPG.PuRe. Retrieved June 13, 2023, from https://pure.mpg.de/rest/items/item_2383164/component/file_2383163/content
- Solís Castro, Y., Zúñiga, L. A., & Mora Alvarado, D. (2017, agosto 11). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *SciELO*. Retrieved August 21, 2023, from <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>
- Somarriba, E. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas*, 6(23).
- Toledo, M., & Mendoza, B. (2016, January 10). (PDF) estudio de la calidad de agua utilizando bio-indicadores, en microcuenca del río chimborazo (ec). Researchgate. Retrieved June 12, 2023, from https://www.researchgate.net/publication/312192044_estudio_de_la_calid

ad_de_agua_utilizando_bioindicadores_en_microcuenca_del_rio_chimborazo_ec

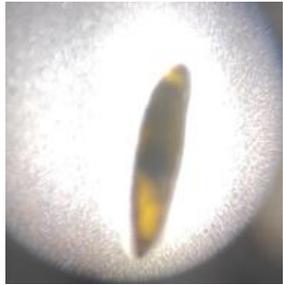
Vargas, F., & Gallego, I. (2005, Abril). Wiktionary. Retrieved June 22, 2023, from https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/resp/v79n2/v79n2a11.pdf

Yoandris García, H. (2015). Calidad del agua con fines de riego. Revista digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda” ISSN, 35, 12. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=536>

14. ANEXOS

ANEXO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS

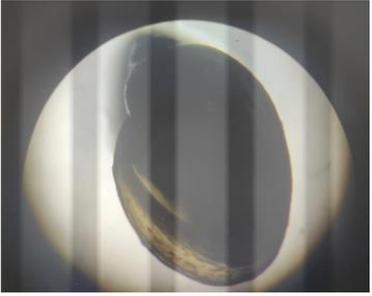
Descripción de macroinvertebrados en Locoá

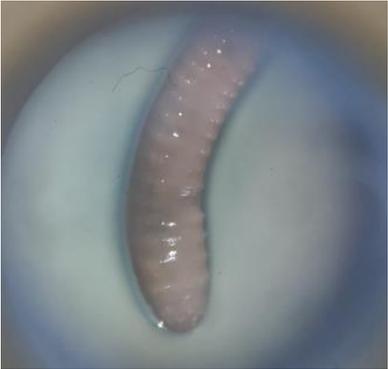
N°	Taxonomía	Descripción	Fotografía
1	CLASE: Insecta ORDEN: Diptera FAMILIA: Scathophagidae	Larvas acéfalas. Mandíbulas en forma de gancho, en disposición de ver cal con respecto a la cabeza. Sin pseudópodos, con otras estructuras locomotoras. Con espiráculos sobre la superficie del último segmento abdominal o sobre cortos procesos.	
2	CLASE: Hirudinea ORDEN: Arhynchobdellida FAMILIA: Erpobdellidae	Cuerpo deprimido, con 2 ventosas, una anterior y otra posterior. 4 pares de ojos, 2 por segmento, los posteriores en posición lateral. Faringe sin mandíbulas.	
3	CLASE: Insecta ORDEN: Ephemeroptera FAMILIA: Baetidae	Ángulo posterior de los terguitos abdominales no prolongado en un proceso a lado. Branquias no plumosas. Cercos con sedas en el margen interno.	

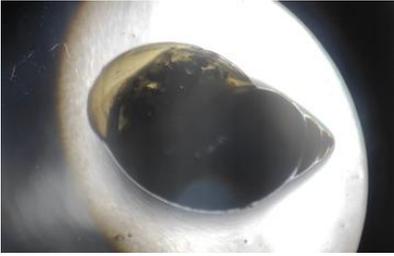
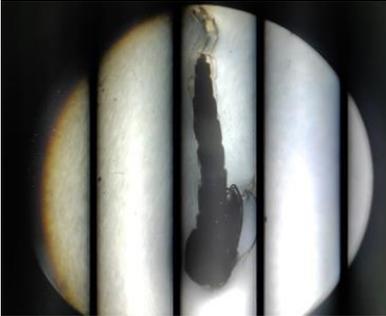
4	<p>CLASE: Oligochaeta ORDEN: Tubificida FAMILIA: Tubificidea</p>	<p>A este grupo de organismos se los conoce comúnmente como lombrices. Presentan un tamaño variable, desde muy pequeños hasta alcanzar el tamaño de una lombriz de tierra. Se distinguen por ser gusanos cilíndricos con múltiples segmentos que lucen como anillos, los cuales presentan quetas dorsales para su locomoción</p>	
5	<p>CLASE: Insecta ORDEN: Diptera FAMILIA: Tipulidae</p>	<p>Los bordes de las setas se extienden alrededor de los márgenes de todos los lóbulos espiraculares. Los lóbulos ventrales no presentan protección. La superficie posterior de cada lóbulo dorsal y lateral se encuentra esclerotizada. El abdomen lleva crestas distintivas de pelos oscuros macroscópicos.</p>	
6	<p>CLASE: Insecta ORDEN: Diptera FAMILIA: Ephydriidae</p>	<p>Larvas acéfalas. Mandíbulas en forma de gancho, en disposición de ver cal con respecto a la cabeza. Sifón respiratorio corto con la extremidad terminal bífida. Con pseudópodos ventrales.</p>	
7	<p>CLASE: Insecta ORDEN: Coleoptera FAMILIA: Elimidae</p>	<p>Adulto: Cuerpo alargado u oval, de color negro o pardo, a veces con manchas o bandas de color rojo o pardo. Super cie dorsal glabra. Antenas largas, filiformes. Tamaño: 1 - 10 mm. Larva: Patas con 4 artejos.</p>	

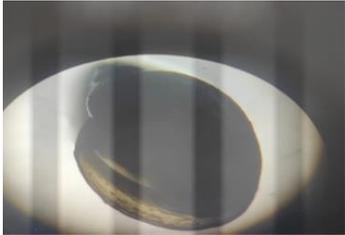
Nota: Descripción taxonómica de los macroinvertebrados en el sector Loco. *Fuente:* Elaborado por autores.

Descripción de macroinvertebrados en el Colegio Trajano Naranjo

N°	Taxonomía	Descripción	Fotografía
1	<p>CLASE: Insecta ORDEN: Diptera FAMILIA: Chironomidae</p>	<p>Larvas con tamaño muy variado, se los puede hallar sobre cualquier tipo de sustrato, fangoso, limo arcilloso, arenoso, grava, canto rodado y rocas, sobre vegetación sumergida y sobre otros organismos como esponjas briozoos, ninfas de efemerópteros, moluscos y peces.</p>	
2	<p>CLASE: Gastrópodos ORDEN: Basommatophora; FAMILIA: Physidae</p>	<p>Concha levógira, con abertura hacia la izquierda, sin opérculo ni ombligo. Tamaño: 5 - 15 mm. Viven en todo tipo de ambientes, preferentemente en zonas con sustrato de cantos y gravas, se alimentan de detritos y algas.</p>	
3	<p>CLASE: Alénido ORDEN: Hirudinea FAMILIA: Erpobdellidae</p>	<p>Cuerpo deprimido, con 2 ventosas, una anterior y otra posterior. Faringe sin mandíbulas. Viven en aguas estancadas, como zonas remansas de ríos y charcas temporales.</p>	
4	<p>CLASE: Clitellata ORDEN: Haplotaxidae FAMILIA: Lumbricidae</p>	<p>Cuerpo segmentado, sin ventosas, con una quita por fascículo. Habitan en el curso medio de ríos.</p>	

5	<p>CLASE: Anélidos ORDEN: Oligochaeta FAMILIA: Lumbricidae</p>	<p>Cuerpo segmentado, sin ventosas, longitud mayor de 50 mm. Diámetro del cuerpo mayor de 2 mm. Viven en diferentes ambientes de aguas dulces, especialmente en el curso alto de ríos y arroyos.</p>	
6	<p>CLASE: Anélidos ORDEN: Oligochaeta FAMILIA: Tubificidae</p>	<p>Organismos de tamaño variable desde muy pequeños hasta el tamaño de una lombriz de tierra. Cuerpo cilíndrico y segmentado (metámeros) con presencia de setas. Tradicionalmente a muchas especies de esta clase se le considera organismos resistentes a la contaminación por su amplia tolerancia a habitar aguas anóxicas</p>	
7	<p>CLASE: Insecta ORDEN: Diptera FAMILIA: Muscidae</p>	<p>Las larvas acuáticas de algunos dípteros son muy tolerantes a falta de oxígeno disuelto en el agua lo que hace muy común su hábitat. Larvas de color blanco, generalmente subcilíndricas con la región anterior aguzada. Esqueleto cefalofaríngeo muy reducido.</p>	
8	<p>CLASE: Insecta ORDEN: Lepidoptera FAMILIA: Cambridae</p>	<p>Existen especies cuyas larvas se desarrollan en agua, se alimentan de material vegetal, su tamaño varía entre 0.3 cm a 5 cm.</p>	

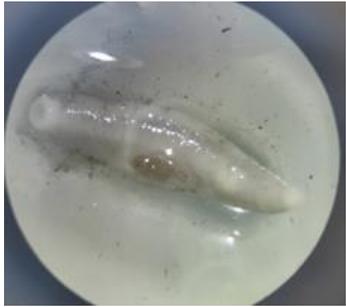
9	<p>CLASE: Gastrópodos</p> <p>ORDEN: Pulmonata</p> <p>FAMILIA: Lymnaeidae</p>	<p>Posee una concha alargada y aguda, sin opérculo, con la abertura hacia el lado derecho. Sin opérculo ni ombligo. Tamaño: 5 - 20 mm, viven en aguas estancadas y corrientes.</p>	
10	<p>CLASE: Ostracoda</p> <p>ORDEN: Podocopida</p> <p>FAMILIA: Bythocytheridae</p>	<p>Crustáceo muy pequeño, su tamaño varía entre 0,1 y 2 mm, su cuerpo está cubierto por un caparazón.</p>	
11	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Ephemeroptera</p> <p>FAMILIA: Baetidae</p>	<p>Generalmente tienen formas hidrodinámicas (cabeza y tórax grandes y juntos, dando una apariencia de torpedo), branquias a los lados del abdomen, se alimentan durante sus estadios larvales y, al iniciar la etapa adulta, las estructuras de su aparato bucal se atrofian impidiendo su alimentación.</p>	
12	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Odonata</p> <p>FAMILIA: Aeshnidae</p>	<p>Son un grupo de insectos que cuando son larvas o ninfas, viven en todo tipo de cuerpo de agua. Las larvas tienen formas hidrodinámicas (cabeza más ancha que cuerpo)</p>	

13	CLASE: Insecta ORDEN: Coleoptera FAMILIA: Elmidae	Cuerpo alargado y subcilíndrico, de textura muy dura. Larva de último estadio de hasta 15,5 mm de largo. Escleritos pleurales hasta el segmento abdominal cinco, sexto segmento abdominal con sutural pleural parcial.	
14	CLASE: Gastrópodos ORDEN: Pulmonata FAMILIA: Planorbidae	Concha en forma de rosca normalmente aplanada lateralmente, espira planiespiral. En América del Sur se han reportado 6 géneros.	

Nota: Descripción taxonómica de los macroinvertebrados en el sector Colegio Trajano Naranjo.
Fuente: Elaborado por autores

Descripción de macroinvertebrados en los Molinos Poulitier

N°	Taxonomía	Descripción	Fotografía
1	CLASE: Gastropoda ORDEN: <u>Basommatophora</u> FAMILIA: Planorbidae	Concha en forma de rosca normalmente aplanada lateralmente, espira planiespiral.	
2	CLASE: Ostracoda ORDEN: Podocopida FAMILIA: Bythocytheridae	Crustáceo muy pequeño, muchas veces microscópico, su tamaño varía entre los 0,1 y 2 mm., su cuerpo está cubierto por un caparazón conformado por dos valvas de aspecto blando y brillantes, se asemeja a una semilla.	

3	<p>CLASE: Anélido</p> <p>ORDEN: Hirudinea</p> <p>FAMILIA: Glossiphoniidae</p>	<p>Viven en aguas tranquilas y estancadas, aunque algunas pueden ocurrir en aguas corrientes. 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>	
---	--	--	---

Nota: Descripción taxonómica de los macroinvertebrados en el Molinos Poulter.

Fuente: Elaborado por autores

ANEXO 2: CÁLCULOS DE LOS ÍNDICES BIOLÓGICOS

Mayo								
Información General								
Fecha de Recolección:		14/5/2023		Hora de Recolección:		11:00-12:30		
Fecha de Identificación:		18/5/2023		Responsables:			Baltazaca Monica, Lasluisa Lisbeth	
Coordenadas:		X	768164.18	Y	989758.57	Altitud	2836	P1-Locoa
Taxonomía					Índices			
Nº	Clase	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/col	ABI	EPT	Shannon-Weaver
1.-	Insecta	Diptera	Scathophagidae	3	..	.....	....
2.-	Insecta	Diptera	Tipulidae	1	3	5	....
3.-	Insecta	Diptera	Ephydriidae	6	2	6	....
4.-	Hirudinea	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	13	..	3	....
5.-	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1	7	4	1	
6.-	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidea	1	1	1	....	1,5
7.-	Insecta	Coleoptera	Elimidae	2	6	5	...	Bajo
TOTAL				27	19	24	3.70%	
Resultados:			CRÍTICO			Malo	Malo	

Nota: Cálculos de los índices biológicos en el mes de mayo en Locoa. Fuente: Elaborado por autores

Número de especies encontradas en el mes de mayo en el Colegio Trajano Naranjo

Mayo

Información General

Fecha de Recolección:	14/5/2023	Hora de Recolección:	13:00 - 15:00			
Fecha de Identificación:	19/5/2023	Responsables:	Baltazaca Monica, Lasluisa Lisbeth			
Coordenadas:	X	766868.00	Y	9896594.30	Altitud	2783 P2-Colegio Trajano Naranjo

Taxonomía				Índices				
Nº	Clase	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/col	ABI	EPT	Shannon-Weaver
1.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	179	2	2	..	
2.-	Gastrópodos	Basommatophora	Physidae	4	3	3	..	
3.-	Alénidos	Hirudinea	Erpobdellidae	4	3	3	..	
4.-	Alénidos	Oligochaeta	Haplotaxidae	47	..	..
5.-	Alénidos	Oligochaeta	Lumbricidae	31	..	..
6.-	Alénidos	Oligochaeta	Tubificidae	20	1	1	..	
7.-	Insecta	Diptera	Muscidae	4	2	2	..	
8.-	Insecta	Lepidoptera	Cambridae	1	..	..
9.-	Gastrópodos	Pulmonata	Lymnaeidae	9	4	3	..	
10.-	Ostracoda	Podocopida	Bythocytheridae	1			..	
11.-	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1	7	4	1	
12.-	Insecta	Odonata	Aeshnidae	2	6	6	..	1,4
13.-	Insecta	Coleoptera	Elmidae	1	6	5	..	Bajo
TOTAL				304	34	29	0.3%	
Resultados:				CRÍTICO		Malo		

Nota: Cálculo de los índices biológicos en el mes de mayo en el sector de Colegio Trajano Naranjo. Fuente: Elaborado por autores

Número de especies encontradas en el mes de mayo en el punto Molinos Poultier

Mayo								
Información General								
Fecha de Recolección:		14/5/2023		Hora de Recolección:		15:00 - 17:00		
Fecha de Identificación:		18/5/2023		Responsables:		Baltazaca Monica, Lasluisa Lisbeth		
Coordenadas:		X	765602.68	Y	989671.66	Altitud	2767	P3-Molinos Poultier
Taxonomía					Índices			
N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Gastrópodos	Pulmonata	Physidae	58	3	3	....
2.-	Gastrópodos	Pulmonata	Lymnaeidae	48	4	3	....
3.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	8	2	2	...	
4.-	Anelidos	Rhynchobdellidae	Glassiphoniidae	18	3	3	....
5.-	Ostracoda	Podocopida	Bythocytheridae	8	3	3	.....
6.-	Gastrópodos	Pulmonata	Planorbidae	8	5	3	....	1,6
7.-	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	12	1	1	...	Bajo
TOTAL				160	21	18	0%	
Resultados:				CRÍTICO		Malo	Malo	

Nota: Cálculos de los índices biológicos en el mes de mayo en el Molinos Poultier. Fuente: Elaborado por autores

Número de especies encontradas en el mes de junio en el punto Juan Montalvo

Junio									
Información General									
Fecha de Recolección:		16/6/2023		Hora de Recolección:		9:00 - 11:00			
Fecha de Identificación:		21/6/2023		Responsables:		Baltazaca Monica, Lasluisa Lisbeth			
Coordenadas:		X	768164.18	Y	989758.57	Altitud	2836	P1- Loco	
Taxonomía				Índices					
N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Insecta	Diptera	Tipulidae	5	3	5	....	
2.-	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidea	12	1	1	....	
3.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	6	2	2	..		
4.-	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	9	4	3	....	
5.-	Gastropoda	Pulmonata	Physidae	2	3	3	.....	
6.-	Hirudinea	Rhynchobdellidae	Glossiphoniidae	3	3	3	....	1,8
7.-	Insecta	Coleoptera	Elmidae	14	6	5	...	Medio	
TOTAL				51	22	22	0%		
Resultados:				CRÍTICO			Malo	Malo	

Nota: Cálculos de los índices biológicos en el mes de junio en el sector de Loco. Fuente: Elaborado por autores

Número de especies encontradas en el mes de junio en Colegio Trajano Naranjo.

Junio

Información General

Fecha de Recolección:	14/5/2023	Hora de Recolección:	13:00 - 15:00
Fecha de Identificación:	19/5/2023	Responsables:	Baltazaca Monica, Lasluisa Lisbeth
Coordenadas:	X 766868.00	Y 9896594.30	Altitud 2783

P2-Colegio Trajano Naranjo

Taxonomía				Índices				
N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	34		2	2	..
2.-	Gastrópodos	Basommatophora	Physidae	11		3	3	..
3.-	Alénidos	Hirudinea	Erpobdellidae	3		3	3	..
4.-	Alénidos	Oligochaeta	Haplotaxidae	396		..	..
5.-	Alénidos	Oligochaeta	Lumbricidae	249		..	..
6.-	Alénidos	Oligochaeta	Tubificidae	4		1	1	..
7.-	Insecta	Diptera	Muscidae	4		2	2	..
8.-	Insecta	Lepidoptera	Cambridae	1		..	..
9.-	Gastrópodos	Pulmonata	Lymnaeidae	71		4	3	..
10.-	Gastrópodos	Pulmonata	Planorbidae	1		5	3	..
11.-	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1		7	4	1

TOTAL				775		27	21	0.1%
--------------	--	--	--	-----	--	----	----	------

Resultados: **CRÍTICO** **Malo**

Nota: Cálculos de los índices biológicos en el mes de junio en el Colegio Trajano Naranjo. *Fuente:* Elaborado por autores

Números de especies encontrados en el mes de junio en Molinos Poulter

Junio								
Información General								
Fecha de Recolección:		16/6/2023		Hora de Recolección:		15:00 - 16:00		
Fecha de Identificación:		22/6/2023		Responsables		Baltazaca Monica, Lasluisa Lisbeth		
Coordenadas:		X	765602.68	Y	989671.66	Altitud	2767	P3-Molinos Poulter
Taxonomía					Índices			
N°	Clase	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Gastrópodos	Pulmonata	Physidae	87	3	3	....
2.-	Gastrópodos	Pulmonata	Lymnaeidae	72	4	3	....
3.-	Insecta	Diptera	Chironomidae	12	2	2	...	
4.-	Anelidos	Rhynchobdellidae	Glassiphoniidae	27	3	3	....
5.-	Ostracoda	Podocopida	Bythocytheridae	12	3	3	.....
6.-	Gastrópodos	Pulmonata	Planorbidae	12	5	3	....	1,8
7.-	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	18	1	1	...	Media
TOTAL				240	21	18	0%	
Resultados:				CRÍTICO		Malo	Malo	

Nota: Cálculos de los índices biológicos en el mes de junio en Molinos Poulter. *Fuente:* Elaborado por autores

ANEXO 3: CÁLCULOS DE DUREZA, CALCIO Y MAGNESIO

Calcio	EDTA ml	2ml NaOH		mg/L Ca		mg/L CaCO3		mg/L Ca = $\frac{A \times B \times 400,8}{\text{cm}^3 \text{ de muestra}}$	
		CaCo3							
P1	6,5	58,5	52,10	130					
P1	6	58	48,10	120					
P2	17,6	69,6	141,08	352				Dureza debida al calcio.	
P2	17,2	69,2	137,88	344					
P3	11,6	63,6	92,99	232				como mg/L CaCO ₃ = $\frac{A \times B \times 1000}{\text{cm}^3 \text{ de muestra}}$	
P3	12	64	96,19	240					
En donde:									
P1	7,2	59,2	57,72	144	A =	cm ³ de EDTA usado en la titulación.			
P2	15,3	67,3	122,64	306	B =	cm ³ de CaCO ₃ equivalente a 1,00 cm ³ de EDTA, determinado por titulación con la solución valorada de calcio.			
P2	17	69	136,27	340	209,17	203,73	P3	362	
P3	18,1	70,1	145,09	362	241,19	216,91		320	
P3	16	68	128,26	320	213,52	191,74		341	
								P3	145,6
								Dureza del a	

Nota: Calculos de la calcio y magnesio. Fuente: Elaborada por autores

ANEXO 4: PRESENTACIÓN DE CERTIFICADO DE ELABORACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD.



Nota: Justificación de los resultados físico-químicos realizados en la Universidad Técnica de Cotopaxi, con los instrumentos previamente calibrados. Fuente: Celena Aguilera

ANEXO 5. TOMA DE MUESTRAS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS





ANEXO 6: RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS





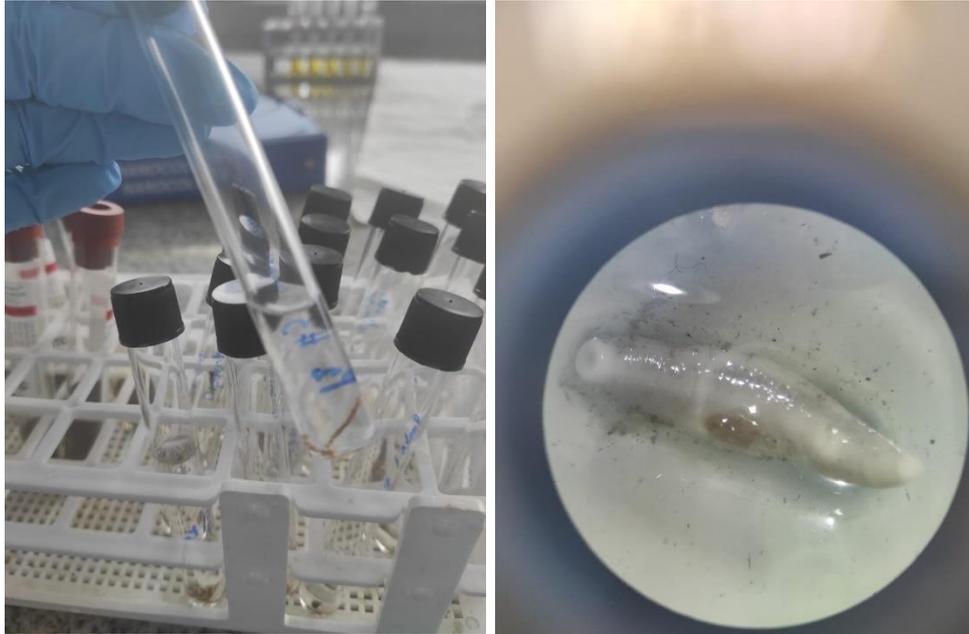
ANEXO 7: FASE LABORATORIO PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO







ANEXO 8: FASE LABORATORIO IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS



ANEXO 9: HOJA DE VIDA DE EQUIPO INVESTIGADOR

DATOS PERSONALES:



NOMBRES:	Monica Alexandra
APELLIDOS:	Baltazaca Ante
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:	Zumbahua, 17 de noviembre del 2000
CEDULA DE CIUDADANÍA:	0504228222
DIRECCIÓN:	Las fuentes
TELÉFONO:	0993781330
E-MAIL:	bante.monica@gmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	CENTRO EDUCATIVO BÁSICO INTERCULTURAL BILINGÜE “GENERAL PINTAG”
SECUNDARIA	ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “SARAUGSHA” UNIDAD EDUCATIVA FISCAL PATRIA
TERCER NIVEL	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CERTIFICADOS OBTENIDOS

- Participación Estudiantil en tema Ambientales, con duración de 200 horas.
- Participación en el Seminario Internacional Intercambio Científico, con duración de dos horas.
- Participación en las Jornadas de Inducción de la Vinculación con la Sociedad y Responsabilidad Social, dictada por la Universidad Técnica de Cotopaxi, del 26 al 28 de octubre de 2022.
- Participación en Prácticas de Servicio Comunitario en la Junta Administradora del Sistema de Agua Potable de Zumbalica.
- Prácticas Pre-Profesionales realizadas en la Dirección de Ambiente del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Latacunga.

DATOS PERSONALES



NOMBRES: Lisbeth Priscila
APELLIDOS: Lasluisa Toapanta
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: Latacunga, 10 de octubre del 2000
CEDULA DE CIUDADANÍA: 0550497333
DIRECCIÓN: Laipo Grande
TELÉFONO: 0995099812
E-MAIL: lisbethlasluisa2000@gmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	INSTITUCIÓN
PRIMARIA	ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “GALO PLAZA LASSO”
SECUNDARIA	ESCUELA “LUIS FERNANDO VIVERO” UNIDAD EDUCATIVA “VICENTE LEÓN”
TERCER NIVEL	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CERTIFICADOS OBTENIDOS

- Participación como Asistente en la II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental que se llevó a cabo del 5 al 7 de febrero del 2020.

- Curso de auditorías ambientales a sistemas de gestión ambiental (SGM) ISO 14001 2015, Auditorías de cumplimiento y cierre según el formato MAE SUIA, del 24 al 28 de enero del 2022.
- Participación en las Jornadas de Inducción de la Vinculación con la Sociedad y Responsabilidad Social, dictada por la Universidad Técnica de Cotopaxi, del 26 al 28 de octubre de 2022.
- Prácticas Pre-Profesionales realizadas en la Oficina Técnica Latacunga, del 21 de marzo al 12 de abril de 2022.
- Participación en Prácticas de Servicio Comunitario en la Iglesia de Guaytacama

ANEXO 10. AVAL DE TRADUCTOR



AVAL DE TRADUCCIÓN

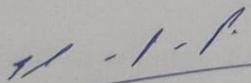
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO CUNUYACU, PARA UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO EN EL CANTÓN LATACUNGA, PERÍODO 2023”** presentado por: **Baltazaca Ante Monica Alexandra y Lasluisa Toapanta Lisbeth Priscila**, egresadas de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental**, pertenecientes a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, 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 las peticionarias hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 28 Agosto del 2021

Atentamente,


Mg. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502617350



CENTRO
DE IDIOMAS