



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

Título:

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) – EN EL
RÍO ILLUCHI – PARA EL PLANTEAMIENTO DE UNA
PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO-
LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI – PERÍODO
ABRIL- AGOSTO 2023”**

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

Autora:
Ordoñez Fernandez Jessica Alina

Tutor:
Mg. José Luis Ágreda Oña

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Ordoñez Fernandez Jessica Alina, con cédula de ciudadanía No. 0926150590, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Determinación de la calidad de agua por Bioindicadores (macroinvertebrados) – en el río Illuchi – para el planteamiento de una propuesta de manejo de recurso hídrico- Latacunga provincia de Cotopaxi – período abril- agosto 2023”, siendo el Ingeniero 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, 17 de Agosto del 2023

Jessica Alina Ordoñez Fernandez

Estudiante

CC: 0926150590

Mg. José Luis Ágreda Oña

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 **ORDOÑEZ FERNANDEZ JESSICA ALINA**, identificada con cédula de ciudadanía **0926150590** 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 de agua por Bioindicadores (macroinvertebrados) – en el río Illuchi – para el planteamiento de una propuesta de manejo de recurso hídrico- Latacunga provincia de Cotopaxi – período abril- agosto 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: Mg. José Luis Ágrede Oña

Tema: “Determinación de la calidad de agua por Bioindicadores (macroinvertebrados) – en el río Illuchi – para el planteamiento de una propuesta de manejo de recurso hídrico- Latacunga provincia de Cotopaxi – período abril- agosto 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.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **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 15 días del mes de agosto del 2023.

Jessica Alina Ordoñez Fernandez

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 DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) – EN EL RÍO ILLUCHI – PARA EL PLANTEAMIENTO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO- LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI – PERÍODO ABRIL-AGOSTO 2023”, de Ordoñez Fernandez Jessica Alina, 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 ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de agosto del 2023



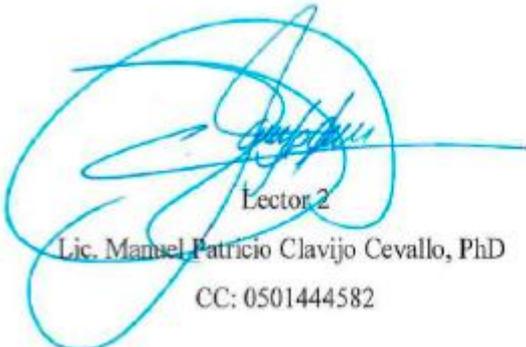
Mg. José Luis Agreda Oña
DOCENTE TUTOR
CC: 0401332101

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, los postulantes: Ordoñez Fernandez Jessica Alina, con el título del Proyecto de Investigación: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) – EN EL RÍO ILLUCHI – PARA EL PLANTEAMIENTO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO-LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI – PERÍODO ABRIL- AGOSTO 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, 17 de agosto del 2023

 Lector 1 (Presidente) M.Sc. Oscar Rene Daza Guerra CC: 0400689790	 Lector 2 Lic. Manuel Patricio Clavijo Cevallo, PhD CC: 0501444582
 Lector 3 Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg CC: 0502205164	

AGRADECIMIENTO

En este camino hacia la culminación de mi proyecto de investigación, deseo expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que han sido pilares fundamentales en este proceso académico.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y permitirme culminar mi carrera, de igual manera deseo expresar mi gratitud a mis profesores y tutores, quienes compartieron generosamente su conocimiento y experiencia, y me inspiraron a explorar este campo de estudio. Sus enseñanzas han sido esenciales para mi desarrollo académico.

No puedo dejar de mencionar el apoyo incondicional de mi familia. A mis padres, Jessica Fernandez y William Quisintuña, les agradezco profundamente por su amor, comprensión y sacrificio. Han sido un faro de luz en cada etapa de mi educación y formación. A mis hermanos y demás familiares, les expreso mi reconocimiento por su aliento y respaldo constante.

Por último, pero no menos importante, agradezco sinceramente a todas las personas que participaron en mi estudio y que dedicaron su tiempo y conocimientos para hacer posible esta tesis.

Jessica Ordoñez

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación le dedico a mi madre Jessica Fernandez, por su sacrificio, apoyo incondicional, por sus enseñanzas y por haberme dado la vida. A mi padre William Quisintuña, que a pesar de no tener la misma sangre me enseñó todo lo que soy, me ha apoyado y amado como su hija, gracias a ellos he logrado esta gran meta.

A mi hermano, Carlos Reinoso y mi padrino Richard Vintimilla, que también me ayudaron para culminar mi carrera A mi familia, que me han brindado su apoyo moral y haber puesto su confianza en mí, gracias a ellos pude superar todos los obstáculos y alcanzar este logro.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) – EN EL RÍO ILLUCHI – PARA EL PLANTEAMIENTO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO- LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI – PERÍODO ABRIL- AGOSTO 2023”

AUTORAS: Ordoñez Fernandez Jessica Alina

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la calidad ambiental del agua del río Illuchi mediante bioindicadores en la parte alta, media y baja. Para ello se determinó primero el análisis físico-químico con el método de índice de calidad de agua de Canadá (ICA CANADÁ); en tres puntos establecidos según sus características y actividades antrópicas, correspondientes a la comunidad Illagua (P1), Parroquia Ignacio Flores (P2) y Belisario Quevedo (P3). En un período de tres semanas entre los meses mayo y junio, se realizaron muestreos para analizar los parámetros físicoquímicos. Como resultado del estudio de los 9 parámetros seleccionados (pH, temperatura, OD, conductividad eléctrica, nitratos, cromo, DQO, calcio y magnesio), se observó que el índice de calidad de agua (ICA) en los dos primeros puntos su calidad es buena y en el último punto de muestreo es regular, así mismo se relacionó cada parámetro con los límites máximos permisibles de la norma TULSMA del Acuerdo Ministerial 097 A, para la vida acuática y silvestre y el riego para agricultura. Para macroinvertebrados se obtuvo un total de 856 individuos de 12 especies diferentes. En donde las clases más abundantes corresponden a OLIGOCHAETA e INSECTA, estos individuos se evaluaron mediante los métodos “Biological Monitoring Working Party” (BMWP), Índice Biótico Andino (ABI), Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) y Shannon Weaver. Acorde al índice BMWP/col la calidad del río varía entre dudosa y crítica, así mismo los índices ABI y EPT lanzaron un resultado de regular a malo, clasificándose como una diversidad baja en el índice de Shannon Weaver con valores entre 1 y 2. Luego de haber realizado estos análisis se generó un diagrama de Ishikawa, en donde se determinaron las diferentes causas y efectos que alteran al río de manera negativa, finalmente se realizó una tabla de propuestas que se enfocó en los aspectos más importantes que contaminan al río, siendo estas las actividades agrícolas, ganaderas y los desechos de residuos que hay en las zonas adyacentes del recurso hídrico.

Palabras clave: Calidad de agua, ICA, macroinvertebrados, contaminación, propuesta.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME THEME: “DETERMINATION OF WATER QUALITY BY BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) - IN THE ILLUCHI RIVER - FOR THE PREPARATION OF A PROPOSAL FOR THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES - LATACUNGA PROVINCE OF COTOPAXI - PERIOD APRIL-AUGUST 2023”.

AUTHORS: Ordoñez Fernandez Jessica Alina

ABSTRACT

The objective of this research work is to evaluate the environmental quality of the water of the Illuchi river through bioindicators in the upper, middle and lower part. For this, the physical-chemical analysis was first determined with the Canadian water quality index method (ICA CANADA); at three points established according to their characteristics and anthropic activities, corresponding to the Illagua community (P1), Ignacio Flores Parish (P2) and Belisario Quevedo (P3). In a period of three weeks between the months of May and June, samplings were carried out to analyze the physicochemical parameters. As a result of the study of the 9 selected parameters (pH, temperature, DO, electrical conductivity, nitrates, chromium, COD, calcium and magnesium), it was observed that the water quality index (ICA) in the first two points its quality is good and in the last sampling point it is regular, likewise each parameter was related to the maximum permissible limits of the TULSMA standard of the Ministerial Agreement 097 A, for aquatic and wildlife life and irrigation for agriculture. For macroinvertebrates, a total of 856 individuals of 12 different species were obtained. Where the most abundant classes correspond to OLIGOCHAETA and INSECTA, these individuals were evaluated using the Biological Monitoring Working Party (BMWP), Andean Biotic Index (ABI), Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT) and Shannon Weaver methods. According to the BMWP/col index, the quality of the river varies between doubtful and critical, likewise the ABI and EPT indices released a result from fair to bad, being classified as low diversity in the Shannon Weaver index with values between 1 and 2. Then Having carried out these analyzes, an Ishikawa diagram was generated, where the different causes and effects that alter the river in a negative way were determined, finally a table of proposals was made that focused on the most important aspects that contaminate the river, being These are the agricultural and livestock activities and the waste residues that exist in the adjacent areas of the water resource.

Key words: Water quality, ICA, macroinvertebrates, pollution, proposal.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS	5
6. ACTIVIDADES DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
7.1. Agua	7

7.2.	Ciclo hidrológico	7
7.3.	Contaminación del agua	7
7.4.	Fuentes de contaminación	8
7.5.	Contaminantes del agua.....	9
7.6.	Calidad de agua	10
7.7.	Bioindicadores de calidad de Agua	10
7.8.	Macroinvertebrados	11
7.9.	Macroinvertebrados como Bioindicadores.....	11
7.10.	Índice de calidad de agua (ICA)	11
7.11.	Índice ABI.....	13
7.12.	Índice SHANNON-WEAVER	14
7.13.	Índice BMWP	15
7.14.	Índice EPT	17
7.15.	Parámetros de calidad de Agua.....	17
7.16.	Parámetros físicos	18
7.17.	Conductividad.....	18
7.18.	Temperatura	18
7.19.	Oxígeno Disuelto	18
7.20.	Parámetros Químicos	19
7.21.	Potencial de hidrogeno (pH).....	19

7.22.	Nitratos.....	19
7.23.	Demanda Química de Oxígeno.....	20
7.24.	Titulación de la dureza.....	20
7.25.	Disolución amortiguadora pH 10.....	20
8.	MARCO LEGAL.....	21
8.1.	Constitución de la República.....	21
8.2.	Código Orgánico el Ambiente (COA).....	24
8.3.	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).....	25
9.	PREGUNTA CIENTÍFICA.....	31
10.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	32
10.1.	Tipo de investigación.....	32
10.1.1	Investigación Cualitativo.	32
10.1.2	Investigación descriptiva.....	32
10.1.3	Investigación de campo.....	32
10.1.4	Investigación explicativa.....	33
10.1.5	Investigación bibliográfica.....	33
10.2.	Métodos	33
10.2.1	Método inductivo.	33
10.2.2	Método Cartográfico	34
10.3.	Instrumentos.....	34
10.3.1	Cámara	34

10.3.2	Libreta de campo.....	34
10.4.	Técnicas	34
10.4.1	Recolección de muestras de agua según las pautas establecidas por el gobierno.	34
10.4.2	Manejo y conservación de las muestras para el análisis.	35
10.4.3	Recolección de muestras para el análisis físico-químico.....	37
10.4.4	Materiales para la recolección de muestras y análisis de macroinvertebrados y fisicoquímicos.	37
10.4.5	Procedimiento para la recolección de muestras de agua.....	38
10.4.6	Procedimiento para realizar el análisis de la calidad de agua	38
10.4.7	Recolección de muestras para el análisis de macroinvertebrados...	42
10.4.8	Análisis de los datos recolectados.....	42
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
11.1.	Área de estudio	42
11.2.	Puntos de muestreo	43
11.3.	Resultados de los análisis físico químicos.....	47
11.4.	Análisis estadístico de los parámetros físico químicos.....	54
11.5.	Resultados de los índices de calidad para macroinvertebrados	56
11.6.	Comparación de los resultados fisicoquímicos con los índices de calidad de agua de macroinvertebrados.	60
11.1.	Propuesta de manejo del recurso hídrico del río Iluchi	62
11.1.1	Introducción	62
11.1.2	Objetivo.....	63

11.1.3	Marco legal.....	63
11.1.4	Desarrollo.....	64
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	70
12.1.	Técnicos.....	70
12.2.	Sociales.....	70
12.3.	Ambientales.....	70
12.4.	Económicos.....	70
13.	CONCLUSIONES.....	71
14.	RECOMENDACIONES.....	72
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
16.	ANEXOS.....	77
16.1.	Anexo_1 Selección de los puntos de muestreo.....	77
16.2.	Anexo_2 Recolección de muestras de los parametros fisico quimicos en el río Illuchi.	78
16.3.	Anexo_3 Recolección de muestras de los bioindicadores en el río Illuchi.	79
16.4.	Anexo_4 Preparación de los químicos para la determinación de la dureza del río Illuchi.....	80
16.5.	Anexo_5 Análisis de la dureza del calcio y magnesio del río Illuchi.	81
16.6.	Anexo_6 Análisis de los parámetros físico químicos del río Illuchi. .	83

16.7.	Anexo_7 Observación de los bioindicadores y su clasificación del río Illuchi.	84
16.8.	Anexo_8 Identificación de macroinvertebrados y análisis del punto 1 del río Illuchi.	85
16.9.	Anexo_9 Identificación de macroinvertebrados y análisis del punto 2 del río Illuchi.	88
16.10.	Anexo_10 Identificación de macroinvertebrados y análisis del punto 3 del río Illuchi.	91
16.11.	Anexo_11 Identificación de macroinvertebrados con sus características que se encontró	95
16.1.	Anexo_12 Aval de Traducción	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Beneficiarios del Proyecto	4
Tabla 2	Procedimiento de los objetivos específicos para el proyecto	6
Tabla 3.	Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.	12
Tabla 4.	Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino	13
Tabla 5	Valoración del Índice Biótico Andino (ABI) en familias de ríos de alta montaña en el contexto ecuatoriano.	13
Tabla 6.	Clasificación de biodiversidad según el índice Shannon –Weaver	15
Tabla 7.	Índices de puntuación de las familias de Biological Monitoring Working Party (BMWP)	16
Tabla 8:	Parámetros de la calidad del agua para el índice BMWP	17
Tabla 9	Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios	27

Tabla 10 Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.....	29
Tabla 11 Tabla de materiales de campo, laboratorio y equipos correspondientes al muestreo y análisis de la investigación.	37
Tabla 12 Matriz de parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua	41
Tabla 13. Coordenadas geográficas de puntos de muestreo.....	44
Tabla 14 Tabla de probabilidad de error del río Illuchi (ANOVA)	54
Tabla 15 Índice de calidad de agua de cinco parámetros para la vida acuática y silvestre	55
Tabla 16 Número de individuos y resultado de macroinvertebrados de la primera semana.....	56
Tabla 17. Número de individuos y resultado de macroinvertebrados de la segunda semana.....	58
Tabla 18. Número de individuos y resultado de macroinvertebrados de la última semana.....	59
Tabla 19 Comparación de los índices de bioindicadores y los índices de calidad de agua (ICA).....	61
Tabla 20 Cuadro de propuestas para el manejo de recurso hídrico en los aspectos social-cultural, económico y ambiental.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del río Illuchi	43
Figura 2 Primer punto de recolección del río Illuchi	45
Figura 3 Segundo punto de muestreo del río Illuchi.....	46
Figura 4 Tercer punto de muestreo del río Illuchi	47
Figura 5. Resultado de pH de los tres puntos.....	47
Figura 6. Resultado de temperatura del agua de los tres puntos	48

Figura 7. Resultado de oxígeno disuelto de los tres puntos	49
Figura 8. Resultado de conductividad eléctrica de los tres puntos	50
Figura 9. Resultado de nitratos de los tres puntos.....	50
Figura 10. Resultado de cromo de los tres puntos	51
Figura 11. Resultado de DQO de los tres puntos	52
Figura 12 Dureza cálcica del río Illuchi por puntos.....	53
Figura 13. Diagrama de Ishikawa Causas y Efectos de la contaminación del río Illuchi	65
Figura 14 Puntos importantes y varias propuestas para reducir la contaminación en el río Illuchi	67

ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) – EN EL RÍO ILLUCHI – PARA EL PLANTEAMIENTO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO- LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI – PERÍODO ABRIL-AGOSTO 2023.”

Fecha de inicio:

Abril 2023

Fecha de finalización:

Finalización de Proyecto de Titulación II

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, microcuenca parte alta, media y baja del río Illuchi.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Ambiental

Proyecto de investigación vinculado:

Calidad de agua.

Equipo de trabajo:**Tutor de Titulación:** Mg. José Luis Ágreda Oña**Estudiante:** Jessica Ordoñez**LECTOR 1:** M.Sc. Oscar Rene Daza Guerra**LECTOR 2:** PhD. Manuel Patricio Clavijo Cevallos**LECTOR 3:** Mg. Isaac Eduardo Cajas Cayo**Área de conocimiento:**

Conservación, vigilancia y protección del medio ambiente, control de la contaminación atmosférica y del agua, ergonomía y seguridad.

Línea de investigación:

Protección Ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Manejo de recursos hídricos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a los diferentes problemas de contaminación en el río Illuchi causado por las por actividades agrícolas, florícolas y desechos de la población que de una manera u otra terminan en los bordes del recurso hídrico, este se encuentra en un desbalance en la calidad de los ríos y la degradación del ecosistema acuático, así mismo el incremento de la sociedad ocasionan impactos negativos a este afluente.

Con el propósito de evaluar la calidad del río Illuchi y obtener información valiosa sobre los organismos y las condiciones ambientales del río para comprender mejor su estado, se realizó un análisis mediante bioindicadores(macroinvertebrados), determinando así diferentes especies presentes en los muestreos, lo cual proporcionó datos, para generar propuestas en cuanto a la gestión y conservación del recurso hídrico.

Además, la investigación de bioindicadores del río Illuchi puede beneficiar a diversos actores. Esto incluye a las autoridades ambientales y gubernamentales, que pueden utilizar los resultados para implementar propuestas que promuevan la protección y recuperación del ecosistema acuático. También puede en gran parte se beneficiarían el sector agrícola y agropecuario de sus alrededores, ya que su principal recurso hídrico es el río Illuchi.

Al identificar los bioindicadores presentes en el río Illuchi y analizar su estado de salud, se pueden detectar problemas ambientales como la contaminación, la degradación del hábitat y la presencia de especies invasoras. Esto proporciona información valiosa para implementar medidas de restauración y conservación, así como para establecer programas de monitoreo a largo plazo que permitan evaluar la efectividad de las acciones tomadas.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1

Beneficiarios del Proyecto.

N° de habitantes Belisario Quevedo	DIRECTOS		N° de habitantes Cantón Latacunga	INDIRECTOS	
	Masculino	Femenino		Masculino	Femenino
6359	2.991	3.368	170.489	82.301	88.188

Nota: (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo, 2015)

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En Ecuador, la contaminación de los ríos por diversas fuentes, como la minería, la agricultura y la industria, es un problema importante. Además, a nivel internacional, la contaminación de los ríos debido al crecimiento de la población y la industrialización se ha convertido en un problema global. El afluente es un recurso vital para la población de Latacunga y su cuenca hidrográfica, su contaminación no solo afecta la salud de las personas, sino que también tiene un impacto negativo en la agricultura y la economía local.

En 2017, el Ministerio del Ambiente de Ecuador declaró al río Illuchi como uno de los ríos más contaminados del país. En 2018 se realizó un estudio de calidad de agua en el río Illuchi, encontrando concentraciones de metales pesados y sustancias tóxicas por encima de los límites permitidos por la normativa ambiental.

En 2019, se registraron casos de enfermedades gastrointestinales, posiblemente relacionadas con la contaminación del agua, entre los residentes cerca del río Illuchi. En su estado actual, el río Illuchi sigue siendo uno de los ríos más contaminados del Ecuador, lo que requiere una evaluación continua de la calidad del agua y la implementación de medidas para protegerlo y restaurarlo. Por lo tanto, el estudio de la

calidad del agua en el río Illuchi mediante bioindicadores es relevante para determinar el nivel de contaminación y tomar medidas para mitigar el problema.

5. OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar la calidad ambiental del agua del río Illuchi mediante bioindicadores en la parte alta, media y baja período Latacunga 2023.

ESPECÍFICOS

- ✚ Determinar los parámetros biofísicos de la cuenca del río Illuchi para establecer puntos de muestreo relevantes para la calidad de las aguas río abajo.
- ✚ Analizar la calidad del agua mediante bioindicadores y análisis físico químicos para diagnosticar el estado actual del recurso hídrico en cuanto a la preservación de ecosistemas acuáticos.
- ✚ Comparar los resultados obtenidos de bioindicadores con los análisis físico químicos y microbiológicos para el planteamiento de estrategias de manejo de recurso hídrico del río Illuchi.

6. ACTIVIDADES DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2

Procedimiento de los objetivos específicos para el proyecto.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADO
Determinar los parámetros biofísicos de la cuenca del río Illuchi para establecer puntos de muestreo relevantes para la calidad de las aguas río abajo.	Delimitación del área de estudio. Investigación de los parámetros biofísicos. Establecimiento de los tres puntos de muestreo para obtener información representativa. Elaborar un plan de muestreo.	Investigación bibliográfica. Triangulación de diferentes artículos científicos. Aplicación de GIS.	Informe de características biofísicas de la zona y puntos de muestreo representativos para la investigación.
Analizar la calidad del agua mediante bioindicadores y análisis físico químicos para diagnosticar el estado actual del recurso hídrico en cuanto a la preservación de ecosistemas acuáticos.	Muestreo de los macroinvertebrados en los puntos establecidos. Muestreo del agua del río Illuchi para análisis físico – químicos. Cálculo de los índices de calidad para bioindicadores e ICA.	Muestreo de agua según la INEN 2169. Índices calculados según EPT, BMWP/COL, ABI y SHANNON WEAVER. Calculo ICA para determinar calidad de agua para preservar ecosistemas acuáticos.	Informe de diagnóstico de la calidad del agua del río Illuchi.
Comparar los resultados obtenidos de bioindicadores con los análisis físico químicos y microbiológicos para el planteamiento de estrategias de manejo	Validación de los datos obtenidos mediante métodos estadísticos. Formulación de hipótesis. Planteamiento de estrategias para el	ANOVA. Triangulación de conceptos. Método de Ishikawa e Iceberg para el planteamiento de la propuesta.	Propuestas de manejo de recurso hídrico de la microcuenca del río Illuchi.

de recurso hídrico manejo del recurso
del río Illuchi hídrico.

Nota: El procedimiento para ejecutar el proyecto de investigación según los objetivos planteados.
Elaborado por la Investigadora.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Agua

El agua es "un recurso natural renovable presente en la superficie terrestre y en la atmósfera, y esencial para la vida de los organismos". Los afluentes son una importante fuente de agua dulce, cuya calidad y cantidad son esenciales para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y terrestres. (M, José E. Marcano, 2020)

7.2. Ciclo hidrológico

Los ríos son una parte importante del ciclo hidrológico, ya que transportan agua desde las zonas de gran altitud a las zonas de baja altitud. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), los ríos son una importante fuente de agua dulce para los seres humanos, la agricultura y la industria.

El ciclo hidrológico es el proceso natural del movimiento del agua en la tierra, y los ríos son una parte importante de este proceso. Se requiere la gestión del agua de los ríos para garantizar su sostenibilidad y conservación, y la gestión de los recursos hídricos a nivel de cuenca para garantizar el uso sostenible del agua en los ríos y otros cuerpos de agua. (Dourojeanni et al., s/f)

7.3. Contaminación del agua

La contaminación del agua es un fenómeno social, económico y ambiental complejo y uno de los obstáculos más serios para una "Buen Vivir". La degradación de la calidad del agua es notoria, altamente tóxica y muy grave en cuanto a los impactos ambientales de las actividades extractivas, principalmente de hidrocarburos y minería, y es muy grave y grave para la salud humana, los medios de vida y los ecosistemas. Actividades que han causado degradación ambiental con efectos duraderos daño. (L, Edgar Isch, 2011)

Los ríos son corrientes de agua dulce que fluyen desde las montañas hasta el mar y son una importante fuente de agua para los seres humanos, la agricultura y la industria. Además, los ríos son el hábitat de muchas especies de animales y plantas y son muy importantes para el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos. La calidad del agua de los ríos es un importante problema de salud ambiental. Según Rodríguez (2012), la calidad del agua de los ríos puede verse afectada por diversos factores, como la contaminación por desechos industriales, agrícolas y ganaderos, y la descarga de aguas residuales. La contaminación del agua de los ríos puede tener graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente, y se necesitan medidas para proteger y mejorar la calidad del agua de los ríos.

7.4.Fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación de los ríos son diversas y pueden tener catastróficas consecuencias para el medio ambiente y la salud humana. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), las principales fuentes de contaminación de los ríos incluyen la descarga de aguas residuales, la agricultura y la ganadería, las escorrentías de las carreteras y áreas urbanas, así como la contaminación industrial.

La descarga de aguas residuales es una de las principales fuentes de contaminación de los ríos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la descarga de aguas residuales sin tratar puede contener una gran cantidad de contaminantes, como bacterias, virus, productos químicos y metales pesados, que pueden ser nocivas para la salud de las personas y el medio ambiente.

La agricultura y la ganadería también pueden contribuir a la contaminación de los ríos. Según la EPA, los fertilizantes y los pesticidas utilizados en la agricultura pueden contaminar los ríos y los arroyos cercanos, y la escorrentía de los establos y los campos de cultivo puede transportar contaminantes a los cuerpos de agua cercanos.

La contaminación industrial es otra fuente importante de contaminación de los ríos. Según la OMS, las empresas pueden liberar grandes cantidades de contaminantes

en el agua como, productos químicos tóxicos, metales pesados y materiales radiactivos, que pueden afectar a la salud de las personas y el medio ambiente.

7.5. Contaminantes del agua

Microorganismos patógenos. Estos son varios tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, la fiebre tifoidea, diversas gastroenteritis, hepatitis. Las enfermedades causadas por estos patógenos son una de las principales causas de muerte prematura en los países en desarrollo, especialmente en los niños. (MV, Sanchón)

Desechos orgánicos. Son la acumulación de desechos biodegradables generados por seres humanos, animales de cría, y similares. Estos comprenden excrementos y otros materiales susceptibles de descomposición mediante bacterias aeróbicas, es decir, en procesos que requieren oxígeno. Estos residuos orgánicos son el resultado de la actividad de vida y pueden ser descompuestos por microorganismos en ambientes con oxígeno. (MV, Sanchón)

Sustancias químicas inorgánicas. Este conjunto abarca sustancias como ácidos, sales y elementos nocivos como mercurio y plomo. En caso de existir en concentraciones elevadas, tienen el potencial de ocasionar daños severos a organismos vivos, reducir los rendimientos en agricultura y provocar deterioro en las herramientas empleadas para el manejo del agua. (MV, Sanchón)

Sustancias químicas inorgánicas. Dentro de esta categoría se encuentran presentes ácidos, sales y metales perjudiciales como el mercurio y el plomo. En el caso de su presencia en niveles elevados, tienen el potencial de ocasionar daños significativos a los organismos vivos, reducir los rendimientos en la agricultura y corroer los dispositivos empleados en la manipulación del agua. (MV, Sanchón)

Sustancias químicas inorgánicas. Este conjunto abarca ácidos, sales y metales venenosos como el mercurio y el plomo. Si se presentan en cantidades elevadas, tienen el potencial de ocasionar daños severos a los seres vivos, reducir los rendimientos en

la agricultura y provocar la corrosión de los equipos empleados en las labores relacionadas con el agua. (MV, Sanchón)

Partículas y substancias en suspensión. Una gran cantidad de partículas desprendidas del suelo y transportadas hacia los cuerpos de agua, junto con otros materiales en estado de suspensión en el agua, constituyen la principal causa de contaminación del agua en cuanto a su masa total. La opacidad que generan en el agua dificulta el entorno vital de ciertos organismos. (MV, Sanchón)

7.6. Calidad de agua

La salud ambiental se ve influida de manera significativa por la calidad del agua en los ríos. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la calidad del agua representa un obstáculo para la disponibilidad de un servicio manejado de manera segura. Los sistemas de monitoreo de calidad del agua aún no capturan de manera adecuada el indicador vinculado al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6.1, que busca asegurar "agua de calidad libre de contaminantes microbiológicos y químicos".

La retención de agua y sedimentos afecta la calidad del agua y disminuye la capacidad de auto purificación de los ríos. Como indica la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), las aguas pobres en oxígeno, vaciadas, pueden generar un impacto negativo en la calidad del agua de los ríos y disminuir la capacidad de los mismos para purificarse. Según SciELO Perú, la calidad del agua es un factor fundamental para la salud humana y el desarrollo sostenible, y es necesario tomar medidas para proteger y mejorar la calidad del agua de los ríos.

7.7. Bioindicadores de calidad de Agua

Los bioindicadores de calidad del agua son organismos que habitan en los cuerpos de agua y que pueden ser utilizados para evaluar la calidad del ecosistema acuático. Son una herramienta útil para evaluar la calidad del agua, ya que pueden detectar cambios en el ecosistema acuático antes de que se manifiesten a nivel químico o físico; comúnmente utilizados en monitoreos de calidad de agua son:

bacterioplancton, fitoplancton, perifiton, macrófitas, macroinvertebrados y peces (César et al., n.d.).

7.8. Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que habitan en los cuerpos de agua y que son lo suficientemente grandes como para ser vistos a simple vista sin necesidad de un microscopio. Los macroinvertebrados acuáticos incluyen una gran variedad de organismos, como insectos acuáticos, crustáceos, moluscos y gusanos, entre otros. Los macroinvertebrados acuáticos son sensibles a los cambios en la calidad del agua y pueden ser utilizados como bioindicadores de la calidad del agua en ríos y otros cuerpos de agua. Los macroinvertebrados acuáticos son una herramienta útil para evaluar la calidad del agua y detectar cambios en el ecosistema acuático antes de que se manifiesten a nivel químico o físico. (Durán & Suarez, 2018)

7.9. Macroinvertebrados como Bioindicadores

Los organismos acuáticos de mayor tamaño son empleados en la evaluación de la calidad del agua en distintos niveles. Según lo indicado en el escrito de Rubén Ladrera Fernández (2013), se recurre a los macroinvertebrados acuáticos como herramienta para valorar la calidad del agua en diversas escalas, desde el nivel individual hasta el de población, comunidad o ecosistema. Los macroinvertebrados acuáticos son sensibles a los cambios en la calidad del agua y pueden ser utilizados para detectar cambios en el ecosistema acuático antes de que se manifiesten a nivel químico o físico. Los macroinvertebrados acuáticos son una herramienta útil para evaluar la calidad del agua en ríos y otros cuerpos de agua.

7.10. Índice de calidad de agua (ICA)

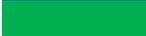
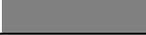
Según el artículo de Ramos-Herrera et al., n.d. (2022), El propósito principal de los índices de calidad del agua es analizar la excelencia del agua para diversas aplicaciones, lo que conlleva la evaluación a partir de una gama de elementos físicos, químicos y biológicos. Los índices de calidad del agua son utilizados para evaluar la

calidad del agua en diferentes partes del mundo y son una herramienta útil para detectar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo

Según el artículo de Broca-Martínez et al., n.d. (2011), La investigación de las tendencias en la calidad fisicoquímica del agua constituye una herramienta valiosa para valorar cómo las acciones humanas impactan a largo y mediano plazo en la excelencia del agua. Los índices de calidad del agua son utilizados para evaluar la tendencia de la calidad del agua en diferentes partes del mundo y son una herramienta útil para detectar cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo. Como se puede observar en la tabla 1 se encuentra la clasificación del índice de calidad de agua.

Tabla 3.

Clasificación del “ICA” propuesto por Brown.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Bueno		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota: Lobos, José. Análisis de los Agentes Contaminantes en el Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.

$$ICA = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

Donde:

Alcance F1 = % de parámetros que exceden la norma.

Frecuencia F2 = % de pruebas individuales de cada parámetro que excede la norma.

Amplitud F3 = Magnitud que excede la norma de cada parámetro que no cumple.

7.11. Índice ABI

En base a (Ríos-Touma et al., 2014), afirma que el Índice Biótico Andino (ABI) se asienta en el índice de BMWP, en donde este índice sirve para evaluar la calidad del agua dentro de zonas alto andinas, ya que por su mínimo número de familias macroinvertebradas es limitada por su altitud. En la tabla 3 se puede observar cómo se establece a partir del puntaje ABI la calidad de agua mediante macroinvertebrados.

Tabla 4.

Establecimiento de la calidad de agua a partir del puntaje del Índice Biótico Andino.

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

Nota: Índice para evaluar la calidad del agua según. Acosta et al. 2009

Mediante valores numéricos entre 1 y 10 que se asignan a cada familia que está registrada. La escala se asigna 1 a las familias con valores más tolerantes y 10 a las familias más sensibles, el resultado del indicador de calidad de agua se determina mediante la suma de todas las familias encontradas, en la tabla 4 se puede observar el puntaje ABI asignado a cada familia.

Tabla 5.

Valoración del Índice Biótico Andino (ABI) en familias de ríos de alta montaña en el contexto ecuatoriano.

Orden	Familia	Puntuación ABI	Orden	Familia	Puntuación ABI
<i>Turbellaria</i>	<i>Planariidae</i>	5		<i>Belostomatidae</i>	4
<i>Hirudinea</i>		3		<i>Naucoridae</i>	5
<i>Oligochaeta</i>		1	<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	10
<i>Gasterópoda</i>	<i>Ancylidae</i>	6		<i>Calamoceratidae</i>	10
	<i>Physidae</i>	3		<i>Odontoceridae</i>	10
	<i>Hydrobiidae</i>	3		<i>Leptoceridae</i>	8
	<i>Limnaeidae</i>	3		<i>Polycentropodida</i>	8
				<i>e</i>	

	<i>Planorbidae</i>	3	<i>Lepidópter</i>	<i>Pyrilidae</i>	4
			<i>a</i>		
Bivalvia	<i>Sphaeriidae</i>	3	<i>Coleóptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
Amphipoda	<i>Hyaellidae</i>	6		<i>Lampyridae</i>	5
Ostracoda		3		<i>Psephenidae</i>	5
Hydracarina		4		<i>Scirtidae</i>	5
Ephemeropter	<i>Baetidae</i>	4		<i>Staphylinidae</i>	3
a					
	<i>Leptophlebiidae</i>	10		<i>Elmidae</i>	5
	<i>Leptohyphidae</i>	7		<i>Dryopidae</i>	5
	<i>Oligoneuriidae</i>	10		<i>Gyrinidae</i>	3
Odonata	<i>Aeshnidae</i>	6		<i>Dytiscidae</i>	3
	<i>Gomphidae</i>	8		<i>Hydrophilidae</i>	3
	<i>Libellulidae</i>	6		<i>Hydraenidae</i>	5
	<i>Coenagrionidae</i>	6	Díptera	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Calopterygidae</i>	8		<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Polythoridae</i>	10		<i>Tabanidae</i>	4
Plecoptera	<i>Perlidae</i>	10		<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Gripopterygida</i>	10		<i>Limoniidae</i>	4
	<i>e</i>				
Heteróptera	<i>Veliidae</i>	5		<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Gerridae</i>	5		<i>Dixidae</i>	4
	<i>Corixidae</i>	5		<i>Psychodidae</i>	3
	<i>Notonectidae</i>	5		<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Hydroptilidae</i>	6		<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Xiphocentronid</i>	8		<i>Empididae</i>	4
	<i>ae</i>				
	<i>Hydrobiosidae</i>	8		<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Glossosomatida</i>	7		<i>Culicidae</i>	2
	<i>e</i>				
	<i>Hydropsychidae</i>	5		<i>Muscidae</i>	2
	<i>Anamalopsychi</i>	10		<i>Ephydriidae</i>	2
	<i>dae</i>				
	<i>Philopotamidae</i>	8		<i>Athericidae</i>	10
	<i>Limnephilidae</i>	7		<i>Syrphidae</i>	1

Nota: Puntuación para valorar los bioindicadores según, a Ríos-Touma et al., 2014.

7.12. Índice SHANNON-WEAVER

Según Moreno & Melic, n.d. establece que, el índice de Shannon Weaver calcula el número de diferentes especies en la comunidad y la proporción de individuos en una sola especie en comparación con el número de individuos de otras especies en la misma comunidad. Este índice se observa la clasificación de la biodiversidad en la tabla 4 y su cálculo con la siguiente ecuación:

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

Dónde:

s = Número de especies (riqueza de especies)

P_i = Proporción de individuos de las especies i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i), n_i/N

n_i = Número de individuos de las especies i

N = Número de todos los individuos de todas las especies

Tabla 6.

Clasificación de biodiversidad según el índice Shannon –Weaver.

Índice de Shannon – Weaver	Diversidad
3 – 4	Alto
2 – 3	Medio
0 – 2	Bajo

Nota: (Galembó, 2018).

7.13. Índice BMWP

Según Roldan Perez (2016), afirma que el Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido cómo un método sencillo y rápido para evaluar la calidad de agua mediante macroinvertebrados como bioindicadores. Este método solo requiere analizar el nivel de tolerancia y la presencia o ausencia de los organismos clasificándolo de 1 a 10, en donde las extremadamente tolerantes tienen un puntaje de uno y las más sensibles se les puntúa con un diez; la suma de los puntajes de todas las familias de estos organismos proporciona el resultado total de BMWP, reflejando de esta manera las condiciones de contaminación en las que se encuentra el cuerpo de agua. En la tabla 6 se puede observar dichos valores para identificar el nivel de contaminación del río, así mismo, en la tabla 5 se puede encontrar el puntaje que se da a cada familia de macroinvertebrados.

Tabla 7.

Índices de puntuación de las familias de Biological Monitoring Working Party (BMWP).

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
<i>Anamalopsychidae, Atriplectididae, Perlidae, Oliigoneuridae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psepheniidae, Hydridae, Chordodidae, Lymnessiidae, Polythoridae, Gomphidae</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Gyrinidae, Hydraenidae, Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Dytiscidae, Potamanthidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Hydrobiidae, Veliidae, Simuliidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Palaemonidae, Pseudothelpusidae, Pyralidae</i>	8
<i>Baetidae, Caemidae, Calopterygidae, Glossosomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohiphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Hidropsychidae</i>	7
<i>Ancylidae, Lutrochidae, Noteridae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Staphylinidae, Limnynchidae, Pilidae, Megapodagrionidae, Corydalidae, Sialidae, Gammaridae</i>	6
<i>Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pleuroceridae, Tabanidae, Thiaridae, Pyralidae, Mesoveliidae, Planorbiidae</i>	5
<i>Curculionidae, Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Ephydriidae, Scarabidae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Notoceridae</i>	4
<i>Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Physidae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae</i>	3
<i>Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Sciomyzidae, Sylphidae</i>	2

Nota: adaptado de (Roldán, 1999).

Tabla 8:

Parámetros de la calidad del agua para el índice BMWP.

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	Algunos impactos visibles de la contaminación son evidentes.	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: adaptado de (Sánchez, 2005).

7.14. Índice EPT

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.

7.15. Parámetros de calidad de Agua

Los parámetros de la calidad del agua son una herramienta esencial para evaluar la calidad del agua en los ríos, esto se realiza en base a varios criterios físicos, químicos y biológicos; los más comunes incluyen la temperatura, el pH, la turbidez, la conductividad, el oxígeno disuelto, el DQO y la presencia de contaminantes químicos.

7.16. Parámetros físicos

Las cualidades del agua que son detectables por los sentidos humanos, como la vista y el tacto, tienen un impacto directo en la calidad y el aspecto visual del agua, influyendo en sus condiciones estéticas y de excelencia. (Pradillo, 2016).

7.17. Conductividad

La conductividad se refleja numéricamente en la habilidad de una solución para conducir electricidad. Esta habilidad está vinculada a la existencia de iones y su cantidad total, movilidad, carga y proporciones relativas, además de la temperatura durante la medición. (American Public Health Association; American Water Works Association, 1992).

7.18. Temperatura

La temperatura impacta en el ritmo de las actividades biológicas, la formación de compuestos precipitados, la creación de depósitos, la desinfección y las mezclas, así como en procesos como la floculación, sedimentación y filtración, además de afectar la absorción de oxígeno. Las condiciones ambientales influyen en las variaciones de temperatura. (Pradillo, 2016).

7.19. Oxígeno Disuelto

El nivel oxígeno disuelto puede ser un indicador de la calidad de los ríos, generalmente un nivel más alto de oxígeno disuelto indica que es de mejor calidad para la vida animal y vegetal.

Los valores de oxígeno disuelto (OD) suelen oscilar entre 0 y 18 ppm, no obstante, la mayoría de los cursos de agua necesitan un umbral mínimo de 5-6 ppm para mantener la fauna acuática. Los niveles por debajo de 3 ppm y 2 ppm se considerarían pésimas para la vida acuática. (Pulla, 2007)

7.20. Parámetros Químicos

Los parámetros químicos son un conjunto de variables que se utilizan para evaluar la calidad del agua en ríos y otros cuerpos de agua. Según el artículo de la revista científica *Water Research* (2017), los parámetros químicos incluyen la concentración de oxígeno disuelto, la alcalinidad, la dureza, la acidez, la concentración de nutrientes, la presencia de metales pesados y la concentración de contaminantes orgánicos. Estos parámetros son importantes para evaluar la calidad del agua y determinar si es apta para diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura y la industria.

7.21. Potencial de hidrogeno (pH)

El pH del agua determina la solubilidad (cuánto puede disolverse en ella) y la biodisponibilidad (cuánto pueden consumir los organismos acuáticos) de sustancias químicas como nutrientes (fósforo, nitrógeno y carbono) y metales pesados (plomo, cobre, cadmio, etc.). Por ejemplo, además de afectar la cantidad y forma de fósforo que es más abundante en el agua, el pH también determina si está disponible para los organismos acuáticos. En el caso de los metales pesados, la solubilidad determina su toxicidad. Los metales son más tóxicos a valores de pH más bajos porque son más solubles (carbotecnía, 2023).

7.22. Nitratos

Según el artículo de la revista científica *Water Research* (2017), la concentración de nitratos en el agua puede aumentar debido a la actividad agrícola, que utiliza fertilizantes nitrogenados, y a la actividad industrial, que utiliza nitratos en diferentes procesos. La concentración de nitratos también puede aumentar debido a las condiciones climáticas, como la lluvia y la nieve, que pueden arrastrar los nitratos del suelo al agua. Es importante que se tomen medidas para reducir la presencia de nitratos en el agua y prevenir su acumulación.

7.23. Demanda Química de Oxígeno

Según el artículo de la revista científica *Water Research* (2017), la DQO es una medida de la cantidad de materia orgánica y oxidable presente en el agua. La DQO se utiliza para evaluar la calidad del agua y determinar si es apta para diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura y la industria. La DQO también se utiliza para monitorear el tratamiento de aguas residuales y evaluar la eficacia de los procesos de tratamiento.

7.24. Titulación de la dureza

Según el artículo de la revista científica *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (2018), la titulación se basa en la reacción de los iones de calcio y magnesio con un agente quelante, como el EDTA. La titulación de dureza se utiliza para evaluar la calidad del agua y determinar si es apta para diferentes usos, como el consumo humano, la agricultura y la industria. Según el artículo de la revista científica *Water Research* (2019), la presencia de iones de calcio y magnesio en el agua puede causar la formación de depósitos de carbonato de calcio y magnesio en los sistemas de tuberías y equipos. Estos depósitos pueden reducir el flujo de agua y disminuir la eficacia de los equipos. Es importante que se tomen medidas para reducir la presencia de iones de calcio y magnesio en el agua y prevenir la formación de depósitos.

7.25. Disolución amortiguadora pH 10

Se les conoce como soluciones "Buffer" o amortiguadoras, y son aquellas que resisten los cambios en el pH al enfrentar la adición de ácidos o bases (hidróxidos). Su función principal radica en la absorción de iones hidrógeno (H^+) u iones hidroxilo (OH^-). De manera general, una solución amortiguadora se compone de una combinación de un ácido débil y su sal correspondiente proveniente de una base fuerte, o bien de una base y su respectiva sal derivada de un ácido fuerte. (Jairo & Granados, s/f).

8. MARCO LEGAL

Dentro del marco legal de la presente investigación se tomó en cuenta los siguientes instrumentos jurídicos:

8.1. Constitución de la República

Capítulo segundo - Derechos del buen vivir

Sección primera - Agua y alimentación

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

Sección segunda - Ambiente sano

Art. 14.- Se 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*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Capítulo séptimo - Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

TÍTULO VI RÉGIMEN DE DESARROLLO

Capítulo primero - Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tiene una variedad de objetivos, sin embargo, el objetivo 4 se refiere a:

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 REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Capítulo segundo - Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera - Naturaleza y ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras; 2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional; 3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales; 4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva.

Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta. El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos. Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptado por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Sección sexta - Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

8.2.Código Orgánico el Ambiente (COA)

CAPITULO V - CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIÓTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS

TITULO II - SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPITULO I - DEL RÉGIMEN INSTITUCIONAL

Art. 160.- Del Sistema Único de Manejo Ambiental. El Sistema Único de Manejo Ambiental determinará y regulará los principios, normas, procedimientos y mecanismos para la prevención, control, seguimiento y reparación de la contaminación ambiental. Las instituciones del Estado con competencia ambiental deberán coordinar sus acciones, con un enfoque transectorial, a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y de asegurar que se evite en el ejercicio de ellas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos. La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá la rectoría del Sistema Único de Manejo Ambiental, en los términos establecidos en la Constitución, este Código y demás normativa secundaria. Las competencias ambientales a cargo de los Gobiernos Autónomos Descentralizados se ejercerán de forma coordinada y descentralizada, con sujeción a la política y normas nacionales de calidad ambiental. (COA, 2017)

Art. 161.- Criterios y normas técnicas. La Autoridad Ambiental Nacional, deberá dictar y actualizar periódicamente los criterios y normas técnicas que garanticen

la calidad ambiental y de los componentes bióticos y abióticos, así como los límites permisibles; para ello coordinará con las autoridades nacionales competentes. En virtud de la realidad geográfica del territorio, condiciones especiales u otras necesidades de cada jurisdicción, los Gobiernos Autónomos Descentralizados competentes, previo a la aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional, con el fin de precisar las medidas administrativas o técnicas, podrán adoptar criterios adicionales o dictar normas técnicas más rigurosas que las normas nacionales, siempre y cuando no sean contrarias a las establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional y las dictadas en este Código. (COA, 2017)

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción. (COA, 2017)

8.3.Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)

Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce

El proceso de control de la contaminación del recurso hídrico se basa en el mantenimiento de la calidad del mismo para la preservación de los usos asignados a través del cumplimiento de la respectiva norma de calidad, según principios que se indican en el presente documento. 3.2 Las municipalidades dentro de su límite de actuación y a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable y saneamiento (EPS) de carácter público o delegadas actualmente al sector privado, serán

las responsables de prevenir, controlar o solucionar los problemas de contaminación que resultaren de los procesos involucrados en la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, para lo cual deberán realizar los respectivos planes maestros o programa de control de la contaminación. (TULSMA, 2003)

Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance

de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga. Si el sujeto de control es un municipio, este podrá proponer las cargas máximas permisibles para sus descargas, las cuales deben estar justificadas técnicamente; y serán revisadas y aprobadas por la Autoridad Ambiental Nacional. (TULSMA, 2003)

Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.

Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura. (TULSMA, 2003)

Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario, se presentan en la TABLA 8

Tabla 9

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio (1)	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total (2)	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Cloro fenoles (3)		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00

Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0, 1	0, 1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10, 0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO2	mg/l	0,2	

Nitratos	NO3	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO5	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	Max incremento de 10% de la condición natural	-

Nota: (REFORMA LIBRO VI DEL TULSMA, 2015)

Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. (TULSMA, 2003)

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la **tabla 9**

Tabla 10

Criterios de calidad de aguas para riego agrícola

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1

Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0

Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO4	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Nota: (REFORMA LIBRO VI DEL TULSMA, 2015)

9. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿En que varía la composición y abundancia de los bioindicadores acuáticos a lo largo de diferentes tramos del río Illuchi, y qué relación tienen estos cambios con los parámetros físico-químicos del agua?

Los bioindicadores son organismos vivos que se utilizan para evaluar la calidad del agua, la composición y su abundancia pueden variar a lo largo del río debido a las diferentes actividades antrópicas que están en cada punto. En el primer punto de muestreo se identificó más actividades agrícolas que ganaderas, el cual al realizar el análisis se obtuvo en promedio una calidad dudosa, con la puntuación de 46, 30, 33% según los índices de BMWP, ABI y EPT correspondientemente, mientras que en el segundo punto de muestreo las actividades antrópicas varían ya que la ganadería tiene más presencia que las actividades agrícolas, con una calidad mayormente mala en los índices biológicos que representan con su puntuación entre 30-45 de BMWP y ABI, y 22% en EPT. Finalmente, en el último transecto se identificó una calidad totalmente mala ya que esta acumula la contaminación previa de los otros puntos y se le agrega las actividades que realizan adyacente a este que son la ganadería y la acumulación de los desechos, obteniendo un puntaje entre 28 y 31 de los índices BMWP y ABI, con un porcentaje de 23 % a 36% de EPT. Así mismo en su biodiversidad según el índice de Shannon Weaver en todos los puntos se identificó como biodiversidad baja entre 1.32 y 1.92.

Los parámetros físico-químicos del agua, como la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno disuelto, los nutrientes (nitratos y fosfatos), los metales pesados y otros

contaminantes, juegan un papel fundamental en la salud del ecosistema acuático. Estos parámetros pueden afectar directamente la vida de los organismos acuáticos y, por lo tanto, influir en la composición y abundancia de los bioindicadores.

10. DISEÑO METODOLÓGICO

10.1. Tipo de investigación

10.1.1 Investigación Cualitativa.

Este método involucro la mayor parte de la investigación desde la selección de los puntos de muestreo, la identificación de macroinvertebrados por nivel taxonómico hasta los análisis de bioindicadores mediante diferentes métodos de calificación para interpretar la calidad del río y los diferentes parámetros biofísicos que se determinó en el río.

10.1.2 Investigación descriptiva.

Según Mario Tamayo y Tamayo (1994), la investigación científica se refiere al registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición y procesos de los fenómenos, centrándose en conclusiones dominantes o en cómo entidades individuales, grupos o elementos operan en el presente. Carlos Sabino, en su trabajo "El proceso de investigación" (1992), define la investigación descriptiva como aquella que busca describir las características esenciales de conjuntos uniformes de fenómenos. Utiliza métodos sistemáticos para comprender la estructura o el comportamiento de los fenómenos estudiados, generando información sistemática y comparable con otras fuentes. (Martínez, 2018)

Esta se empleó para identificar la variedad de macroinvertebrados acuáticos que existen en el río Illuchi, así mismo se describió por orden, familia, clase y número de individuos con ayuda de las guías de estudio, además también se interpretó los resultados con los parámetros fisicoquímicos del afluente.

10.1.3 Investigación de campo.

La obtención de información fresca de fuentes primarias con un propósito determinado es el núcleo de la investigación de campo. Este enfoque cualitativo de

recolección de datos busca sumergirse en el entorno natural de las personas para comprender, observar e interactuar con ellas. La investigación de campo implica la recopilación directa de información de sus fuentes originales, lo que confiere un mayor control sobre la calidad y cantidad de los datos obtenidos. Esto a menudo conduce a una comprensión más sólida y beneficiosa para la toma de decisiones. (QuestionPro, s.f.)

Al aplicar este tipo de investigación en el río Illuchi, se pudo obtener información relevante para el levantamiento de muestras de los puntos seleccionados, ya que al realizar la visita de campo se observó diferentes puntos de importancia para la investigación presente.

10.1.4 Investigación explicativa.

Se encarga de establecer relaciones de causa y efecto que permiten hacer generalizaciones a realidades similares. Utiliza la recolección de datos secundarios como fuente de información, como la literatura o artículos publicados que se eligen cuidadosamente para tener una comprensión amplia y equilibrada del tema. (Ortega, 2019)

Esta investigación se utilizó para relacionar mediante la normativa ecuatoriana y los índices de calidad (ICA Canadá, BMWP, EPT, ABI, Shannon Weaver), con los resultados obtenidos y determinar la calidad de los puntos del río Illuchi.

10.1.5 Investigación bibliográfica.

Se recopiló información de diferentes fuentes (revistas, tesis, artículos, libros, normas), que están afines con la determinación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados, y parámetros fisicoquímicos, además de indagar más a fondo sobre el río Illuchi mediante bibliografías.

10.2. Métodos

10.2.1 Método inductivo.

Se basa en la observación y la experimentación para llegar a una conclusión general a partir de casos específicos. Desde estos patrones o tendencias, se llega a una

conclusión general o una teoría que se considera válida para todos los casos similares. (Narvaez, 2023)

Este método se realizó para la recolección de muestras:

1. Se recopilaron muestras de macroinvertebrados y de agua, para luego registrar sus datos analizados.
2. En base a los resultados encontrados se realizó hipótesis respecto a la calidad de agua.
3. Y finalmente con dichas conclusiones se generó una toma de decisiones para una propuesta de manejo de recursos hídricos.

10.2.2 Método Cartográfico

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

10.3. Instrumentos

10.3.1 Cámara

La cámara fotográfica permitió la recolección de imágenes del río y sus alrededores para el desarrollo de los objetivos planteados para determinar la calidad del río Illuchi en sus tramos indicados.

10.3.2 Libreta de campo

Esta se ocupó para registrar las observaciones del lugar y también indicar los puntos de referencia, las características del lugar, la fecha y hora en la que se tomaron las muestras para cumplir con los objetivos planteados del afluente.

10.4. Técnicas

10.4.1 Recolección de muestras de agua según las pautas establecidas por el gobierno.

Para recolectar las muestras de agua del río Illuchi se tomó en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98 – “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS”

10.4.2 Manejo y conservación de las muestras para el análisis.

- **Recipiente adecuado.** _ El contenedor destinado a contener la muestra, incluyendo su tapa, no debe ser una fuente de contaminación ni absorber o retener los componentes que se desean analizar. Además, no debe reaccionar con los elementos específicos de la muestra, como en el caso de la reacción entre fluoruros y vidrio. El uso de recipientes opacos o de vidrio de color ámbar puede reducir significativamente la influencia de la exposición a la luz. Es recomendable designar un conjunto exclusivo de recipientes para análisis especiales, con el fin de minimizar el riesgo de contaminación cruzada. En el caso de muestras sólidas o semisólidas, se deben utilizar jarras o botellas con abertura amplia. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1998)
- **Llenado del recipiente.** _ Cuando se preparen muestras destinadas a la evaluación de parámetros físicos y químicos, es importante llenar los frascos por completo y cerrarlos de manera que no quede espacio de aire sobre la muestra. De esta manera, se reduce la interacción entre la fase gaseosa y la agitación durante el transporte, evitando alteraciones en el contenido de dióxido de carbono, variaciones en el pH, la conversión de bicarbonatos a carbonatos precipitables y la oxidación del hierro, lo que a su vez minimiza posibles cambios de color, entre otros efectos. En contraste, para las muestras destinadas al análisis microbiológico, es recomendable no llenar completamente los recipientes, dejando un espacio de aire después de cerrarlos. Esto posibilitará mezclar la muestra antes del análisis y prevenir una contaminación accidental. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1998).
- **Refrigeración y congelación de las muestras.** _ Es recomendable almacenar las muestras a temperaturas más bajas que las registradas durante la recolección. Los envases deben llenarse casi en su totalidad, pero no completamente. La refrigeración o congelación de las muestras resulta efectiva si se lleva a cabo inmediatamente después de su obtención. Se

aconseja utilizar cajas térmicas o refrigeradores portátiles desde el lugar de muestreo. En muchos casos, un enfriamiento simple (mediante baño de hielo o en un refrigerador con temperaturas entre 2°C y 5°C) y su conservación en un lugar oscuro son suficientes para mantener la muestra durante su transporte al laboratorio y durante un periodo breve antes del análisis. El congelamiento a -20°C permite extender el tiempo de almacenamiento, pero es fundamental controlar cuidadosamente el proceso de congelación y descongelación para devolver la muestra a su estado de equilibrio inicial después de descongelarla. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1998)

- **Identificación de las muestras.** _ Es esencial que los envases de las muestras estén etiquetados de manera legible y duradera, de modo que en el laboratorio se pueda identificar sin ambigüedad. Es importante tomar nota de todos los detalles relevantes en el momento de la recolección, como la fecha y hora del muestreo, el nombre del muestreador, la naturaleza y cantidad de preservantes agregados, así como el tipo de análisis previsto. Estos registros contribuirán a una correcta interpretación de los resultados posteriormente. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1998)
- **Transporte de las muestras.** _ Es esencial que los envases de las muestras estén etiquetados de manera legible y duradera, de modo que en el laboratorio se pueda identificar sin ambigüedad. Es importante tomar nota de todos los detalles relevantes en el momento de la recolección, como la fecha y hora del muestreo, el nombre del muestreador, la naturaleza y cantidad de preservantes agregados, así como el tipo de análisis previsto. Estos registros contribuirán a una correcta interpretación de los resultados posteriormente. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1998)

10.4.3 Recolección de muestras para el análisis físico-químico.

Para el estudio de calidad de agua en el presente trabajo investigativo se utilizó el Acuerdo Ministerial 097-A, en donde se encuentra los límites máximos permisibles dependiendo los diferentes usos del agua.

Así mismo, para la toma de muestras se tomó en cuenta las especificaciones que están 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”. Los parámetros analizados en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la ciudad de Latacunga-Salache fueron: Nitratos, Cromo, DQO, Turbiedad, pH, Calcio y Magnesio.

10.4.4 Materiales para la recolección de muestras y análisis de macroinvertebrados y fisicoquímicos.

A continuación, se describen los materiales y equipos que se van a utilizar en la recolección, identificación y análisis de las muestras de agua y macroinvertebrados.

Tabla 11

Tabla de materiales de campo, laboratorio y equipos correspondientes al muestreo y análisis de la investigación.

Materiales de campo		Materiales de laboratorio	Equipos
Bandeja de fondo blanco	Hoja de cálculo para recopilar datos	Guía para la identificación de macroinvertebrados.	Equipo para análisis físico, químico y microbiológico del agua. (espectrofotómetro)
Alcohol al 90%	GPS	Aguja de disección	Microscopio
Hoja de trabajo para recolectar datos.	Marcador permanente	Caja Petri	
Botas, Guantes	Cámara	Botellas de vidrio ámbar	
Pinzas metálicas de punta fina	Frascos de vidrio	Gotero	

Cinta métrica 100m	Lupa o lente de aumento	Tubos de ensayo
Red de recolección de Patada.	Etiquetas de identificación	Reactivos Materiales de laboratorio Reactivos químicos.

Nota: Materiales para identificar los bioindicadores y analizar los parámetros fisicoquímicos seleccionados. Elaborado por la investigadora.

10.4.5 Procedimiento para la recolección de muestras de agua.

- Para la recolección de las muestras de río, primero se lavó el frasco de vidrio ámbar tres veces con el agua del afluente.
- Luego se llena totalmente la botella con el agua de río para evitar que existan burbujas de oxígeno.
- Siguiendo a esto, se etiquetan las muestras de forma clara con los datos del lugar de muestreo, para poder diferenciarlo de los diferentes puntos que se toma.
- Para transportar las muestras recolectadas, estas se conservaron en un cooler de 2°C 5°C, de acuerdo a las normas INEN 2169, para finalmente ser analizadas en el laboratorio.

10.4.6 Procedimiento para realizar el análisis de la calidad de agua

10.4.6.1. Proceso para el análisis de nitratos y cromo.

Para determinar el nivel de nitratos y cromo en el agua se utilizó un espectrofotómetro, en donde primero en un tubo de ensayo se llenó con 10 ml de la muestra recolectada y transportada del río y se mezcló con el reactivo para nitratos o cromo, luego se agito suavemente hasta homogenizar la muestra, antes se limpió bien la base del tubo de ensayo para evitar que se altere la lectura de la muestra y finalmente se midió el nivel de nitratos o cromo. Esto se realizó tres veces por separado para nitratos y cromo de cada punto muestreado, también se desechó el contenido de los tubos de ensayo en un envase para que luego sea desechado correctamente, ya que estos reactivos son altamente contaminantes en el agua.

10.4.6.2. Proceso para el análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Para realizar este análisis se obtuvo un kit de viales que fue aprobado por la EPA 410.4 para la determinación de DQO en aguas superficiales y aguas residuales.

1. Para la digestión de las muestras se precalentó el reactor a 150°C
2. Mientras tanto con una jeringa se agregó 2ml de la muestra del río en un ángulo de 45 grados al vial, se cierra el vial y se mezcla cuidadosamente ya que este se calienta durante la manipulación.
3. Se introdujo los viales en el reactor y se calentó por 2 horas a 150°C.
4. Al final del período de digestión, se esperó 20 minutos hasta que baje la temperatura del vial y se invirtió el vial varias veces antes de ponerlos en una gradilla.
5. Se dejó los viales hasta que se enfríen a temperatura ambiente sin manipularlos ya que puede provocar turbiedad en estas.
6. Finalmente se midió el nivel de DQO en el espectrofotómetro y se desechó correctamente el vial completo.

10.4.6.3. Proceso para la determinación de la dureza de calcio y magnesio mediante la cromatografía (Titulación).

Para la determinación de la dureza cálcica y de magnesio. se tomó en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 974: Agua Potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 1 107: Aguas. Determinación del calcio método EDTA.

1. Se prepara previamente la solución tampón para la dureza total del agua. Para la primera solución se consiguió mezclando 3,4 gramos de cloruro amónico en 150 ml de agua destilada, luego en la campana extractora se añadió 30 ml de amoniaco concentrado y finalmente en un matraz aforado se llenó hasta 250ml. Se comprobó que el pH de esta solución sea el adecuado, en este caso fue 10 y se tapó ya que puede despedir olores muy fuertes por el amoniaco.
2. Para la dureza del calcio se realizó otra disolución de hidróxido de sodio (NaOH) a 1N, para esto se calculó previamente la cantidad de hidróxido de sodio que se necesita para 250 ml de agua destilada. Se añade 20 gramos de NaOH en un

matraz aforado y se le agrega de a poco el agua destilada hasta que se disuelva totalmente las escamas y se llenó hasta 250 ml de agua destilada.

3. En un mortero se mezcló 0.5 gr de negro de eriocromo con 100 gramos de sal disódica y se conservó en un frasco ámbar.
4. Luego de haber preparado las disoluciones, para la determinación de la dureza total en un matraz Erlenmeyer se colocó 50 ml de la muestra con una pipeta volumétrica y se adiciono 1ml de la disolución del tampón (pH 10), este se agito suavemente. Se agrego de 0,1 a 0,2 gramos de negro de eriocromo en la muestra y se tituló con la solución 0,01 M de EDTA hasta que la coloración paso a azul. Este procedimiento se repitió dos veces.
5. En la determinación de la dureza del calcio, se colocó 50 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer y se añadió 2 ml de la solución de NaOH para producir un pH de 12 a 13, se agito y se agregó 0,1 a 0,2 gramos del indicador negro de eriocromo y se tituló de manera inmediata con el EDTA ya que el negro de eriocromo en condiciones alcalinas es inestable, la muestra paso de un color rosa claro a un rojo vino.
6. Para calcular el calcio y el magnesio se siguieron las siguientes ecuaciones según las normas INEN.

Dureza total:

$$D = 1000 * \frac{V_2 * f}{V_1}$$

Donde:

D = dureza total (EDTA) en miligramos de carbonato de calcio por litro.

V_1 = volumen de la muestra.

V_2 = volumen de solución de EDTA utilizando en la titulación.

f = factor de la dilución de EDTA.

Contenido de calcio:

$$\frac{mg}{l} Ca = \frac{A * B * 400,8}{ml \text{ de muestra}}$$

Dureza debida al calcio

$$\frac{mg}{l} CaCO_3 = \frac{A * B * 1000}{ml \text{ de muestra}}$$

Donde:

A = ml de EDTA usado en la titulación.

B = ml de $CaCO_3$ equivalente a 1 ml de EDTA, determinado por titulación con la solución valorada de calcio

Tabla 12

Matriz de parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua.

Parámetros Físico-Químicos				
Mes:	Unidades	P01 ILLAGUA	P02 STEAK HOUSE	P03 BELISARIO QUEVEDO
Potencial de Hidrógeno	pH			
Temperatura Ambiente	°C			
Oxígeno Disuelto	mg/l			
Temperatura del Agua	°C			
Conductividad Eléctrica	µs/cm			
DQO	mg/l			
Nitratos	mg/l			
Turbiedad	NTU			
Cromo				
Calcio	MI			
Magnesio	MI			

10.4.7 Recolección de muestras para el análisis de macroinvertebrados.

- Para recolectar las muestras se utilizó el método de recolección de red de patada, que consiste en remover el fondo del río para recolectar en la red los sedimentos.
- Estos sedimentos recolectados se colocaron en una bandeja blanca y se extrajeron los macroinvertebrados en un frasco de vidrio con alcohol al 90% con su propio etiquetado y luego ser llevado al laboratorio.
- En el laboratorio las muestras se cuantificaron e identificaron en diferentes tubos de ensayo por punto de muestreo conservadas con alcohol al 90%.
- Los resultados se registran en una hoja de Excel.

10.4.8 Análisis de los datos recolectados.

Para tener un mejor resultado en macroinvertebrados se determinó mediante pruebas ANOVA, y ji-cuadrado.

Los datos encontrados se analizaron por el método de triangulación, en donde primero se identificaron la calidad de los parámetros físico-químicos y macroinvertebrados encontrados y se les relacionó en conjunto, así mismo se comparó con otros resultados realizados en años anteriores.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. Área de estudio

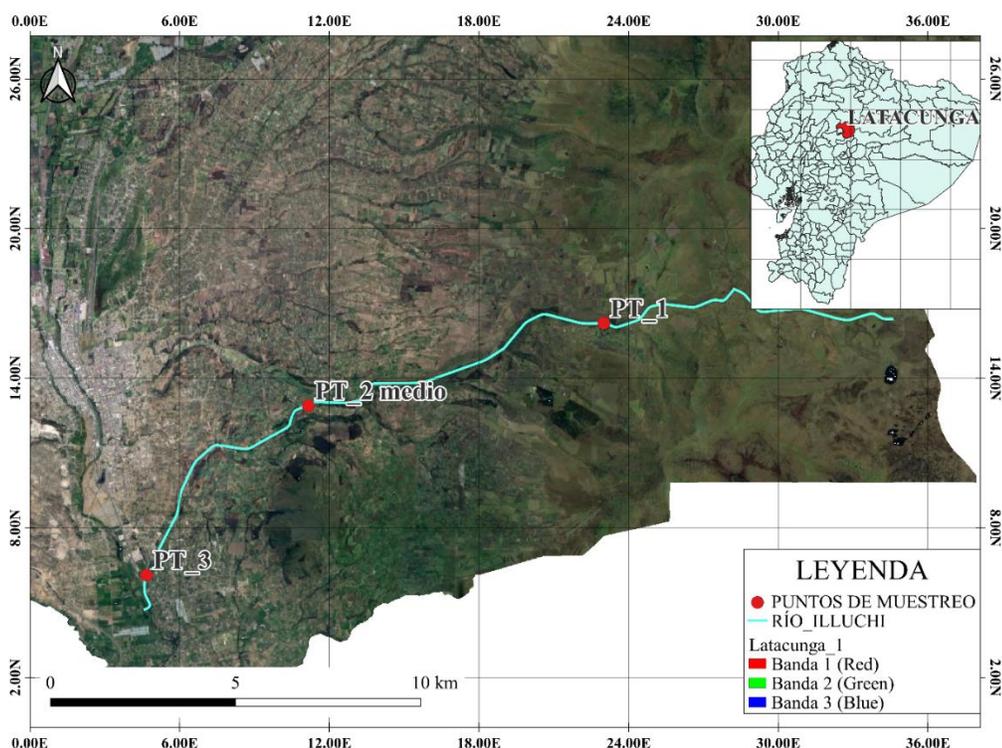
El río Illuchi es un importante curso de agua que se encuentra ubicado en la provincia de Cotopaxi, en la región central de Ecuador, específicamente en la ciudad de Latacunga. La microcuenca del río Illuchi forma parte del río Cunuyacu. El río recorre una longitud de 4.6 km en el área de límite urbano de la ciudad por el costado Sur- Este. El río Illuchi tiene su origen en la cordillera de los Andes ecuatorianos, donde nace a partir del derretimiento de glaciares y nevados en las altas cumbres cercanas al volcán Cotopaxi. Su cuenca hidrográfica abarca una extensa área con afluentes que contribuyen a su caudal durante diferentes épocas del año. El ecosistema fluvial del

afluente alberga una gran diversidad de flora y fauna. Entre las especies de flora presentes en sus riberas se encuentran arbustos, árboles nativos y diversas especies de plantas acuáticas.

El río Illuchi ha sido históricamente una fuente vital de recursos para las comunidades que habitan sus alrededores.

Figura 1.

Mapa del río Illuchi



Nota: Identificación de los puntos para el muestreo de bioindicadores. Elaborado por la investigadora.

11.2. Puntos de muestreo

Se llevó a cabo un trayecto lineal a lo largo de la microcuenca del Río Illuchi para determinar los lugares de monitoreo y muestreo. Durante este recorrido, se identificaron áreas específicas de fácil alcance y se observaron actividades humanas cercanas al área de estudio. También se reconocieron ubicaciones seguras para llevar a cabo el monitoreo y se excluyeron secciones del cauce con profundidades significativas. Al seleccionar los puntos de muestreo, se consideraron las zonas donde

se desarrolla actividad humana a lo largo del cauce, buscando representar las características del cuerpo de agua en su totalidad para un análisis posterior de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas. En el caso del muestreo de macroinvertebrados, se eligieron áreas accesibles con aguas poco profundas.

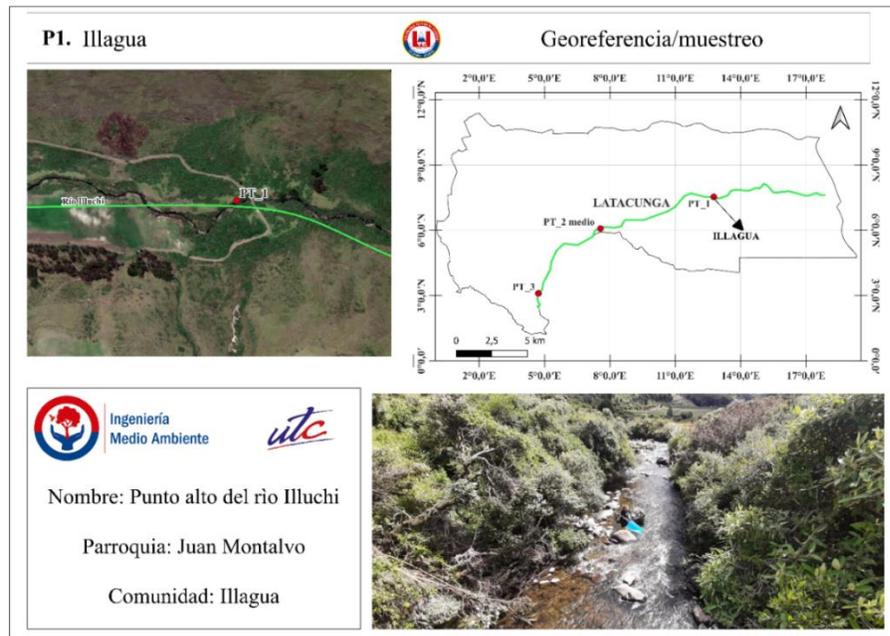
Tabla 13.

Coordenadas geográficas de puntos de muestreo

Coordenadas	Latitud	Longitud	Altitud	Ubicación
P01	920562921	7849187	3480.84	Illagua
P02	940780421	7856352	2886.62	Ignacio Flores
P03	982156050	7860274	2746.54	Belisario Q.

Nota: Ubicación geográfica de cada punto de muestreo. Elaborado por la investigadora.

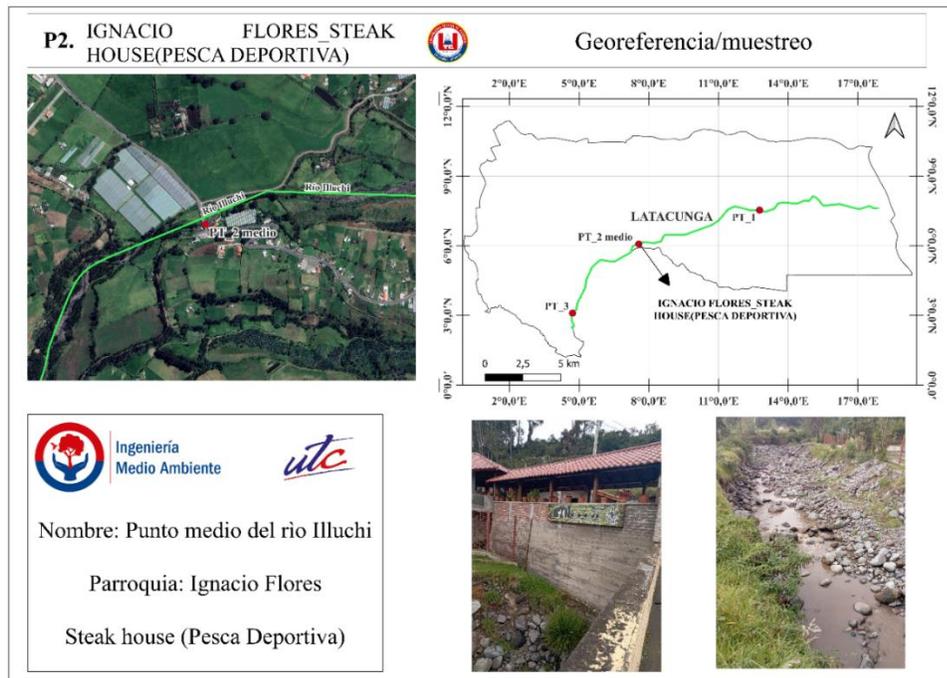
El primer punto que se selecciono fue en el barrio Illagua como se observa en la figura 2, en este lugar existe diferentes actividades antrópicas, la actividad ganadera y agrícola; donde afectan indirectamente al río mediante el uso de pesticidas y fertilizantes por escorrentías; los desechos de los ganados también llegan a los ríos por que contienen exceso de nutrientes que causan eutrofización y disminuye el oxígeno del agua.

Figura 2*Primer punto de recolección del río Illuchi.*

El punto dos está ubicado en Ignacio Flores como se observa en la figura 3, a lado de Steak House donde se realiza la pesca deportiva, ahí también se realiza agricultura y el pastoreo de los animales, y como se mencionó anteriormente este tipo de actividades afectan al afluente indirectamente dañando el ecosistema acuático.

Figura 3

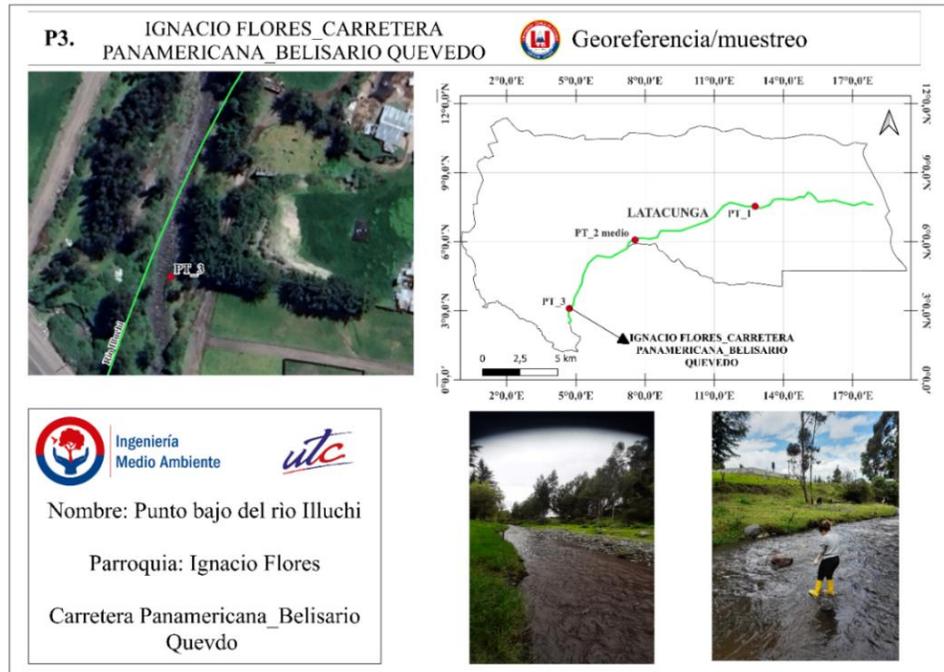
Segundo punto de muestreo del río Illuchi



El último punto está ubicado en Belisario Quevedo como se ve en la figura 4, está al lado de la carretera panamericana, ahí se encontró la actividad ganadera y acumulación de residuos sólidos, la cual al estar en conservación a sus orillas producen químicos que afectan al río.

Figura 4

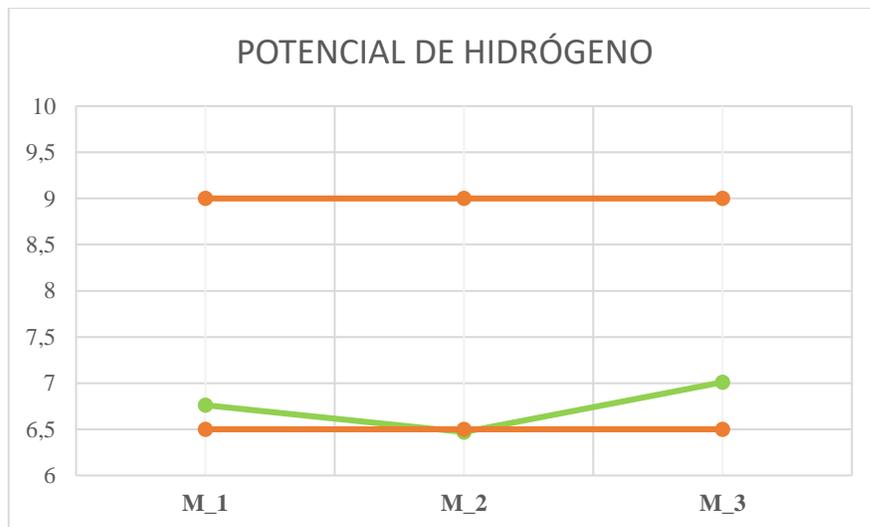
Tercer punto de muestreo del río Illuchi.



11.3. Resultados de los análisis físico químicos.

Figura 5.

Resultado de pH de los tres puntos.

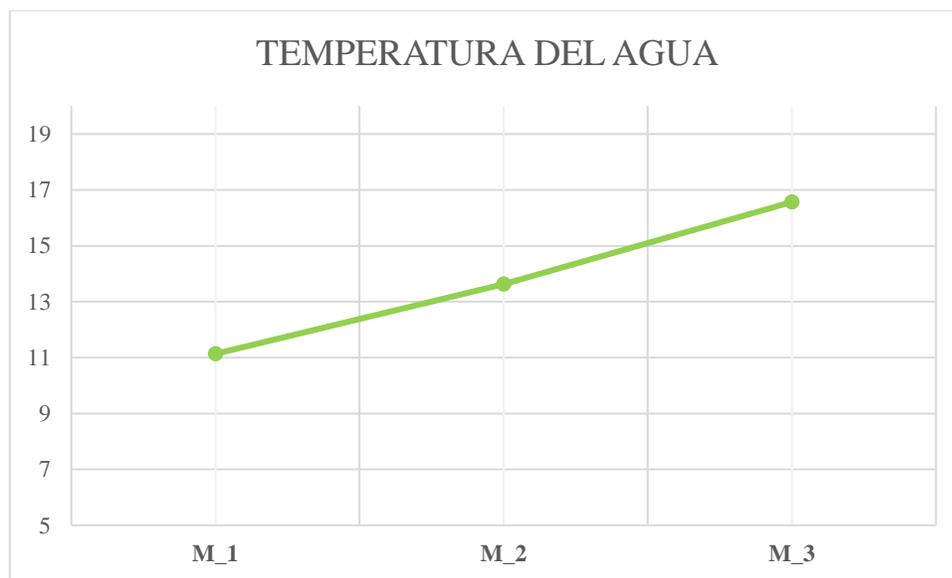


Nota: Potencial de Hidrogeno del río Illuchi. Elaborado por el Equipo Investigador

Los resultados registrados dentro de la figura 5, el pH en el punto 2 que está ubicado en STEAK HOUSE (pesca deportiva), es más ácido con 6.5 de pH que los valores de la primera y última ubicación, sin embargo, según los límites máximos permisibles que están en el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1 TULSMA Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 3 criterios de calidad de aguas para riego agrícola, cada punto se encuentra dentro del mínimo 6 y máximo 9 que exige esta norma para riego agrícola; correspondiendo al primer punto con un promedio de 6.8 y el punto tres con 7 de pH.

Figura 6.

Resultado de temperatura del agua de los tres puntos.

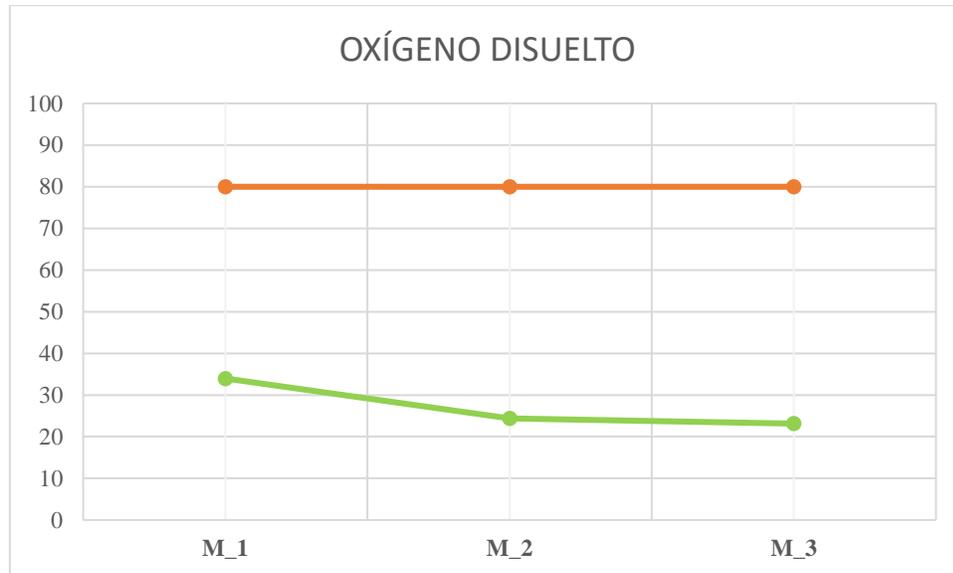


Nota: Temperatura del río Illuchi. Elaborado por la investigadora.

Como se observa en la figura 6, la temperatura en el río Illuchi varía en los diferentes puntos de muestreo, en el primer punto la temperatura es muy baja a comparación del punto tres, la mayoría de bioindicadores tienen rangos de temperatura que se reproducen y sobreviven en el río y al momento de tener un cambio significativo en el afluente, estos macroinvertebrados son afectados y afectan a la calidad del río Illuchi.

Figura 7.

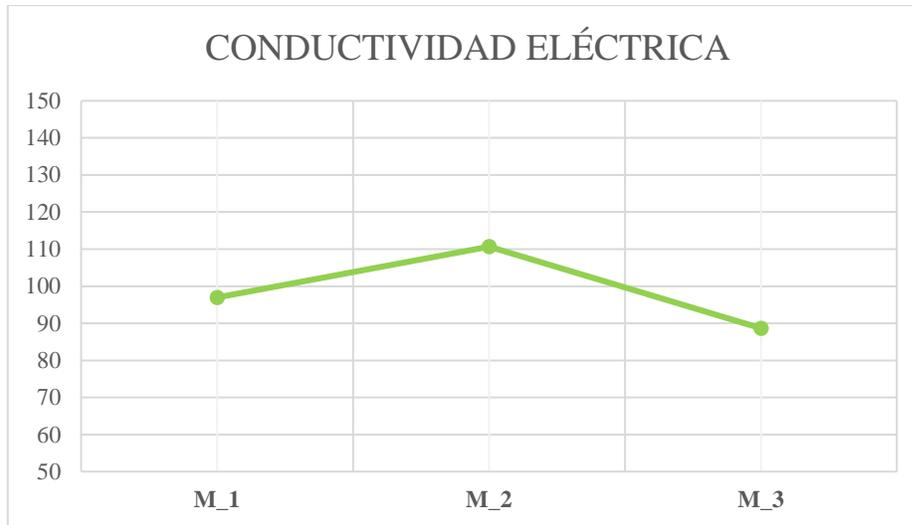
Resultado de oxígeno disuelto de los tres puntos.



En la figura 7 se puede observar que el oxígeno disuelto está por debajo del límite máximo permisible para la vida acuática. Al bajar el oxígeno disuelto en el río Illuchi los organismos acuáticos tienen menos probabilidad de sobrevivir, entonces en el punto tres que se realizó el muestreo tiene un nivel de 22% de OD, así que existe menos vida acuática que en el punto 1 que contiene 33% de nivel de saturación.

Figura 8.

Resultado de conductividad eléctrica de los tres puntos.

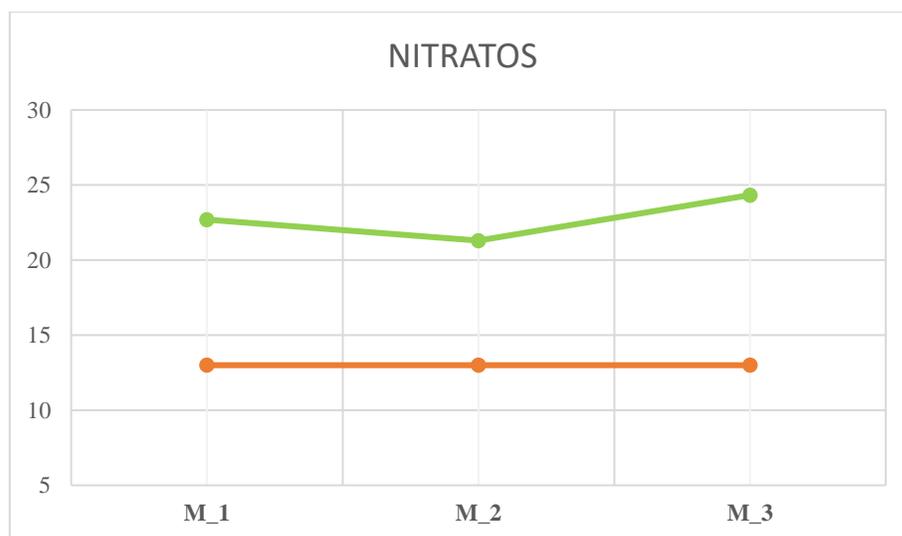


Nota: Conductividad eléctrica promedio de los tres puntos seleccionados. Elaborado por la investigadora

Como se puede observar en la figura 8, el exceso de la conductividad puede afectar al afluente tanto a la vida acuática como a la calidad del río ya que los altos niveles de conductividad significan que el río se encuentra con un excesivo nivel de nutrientes.

Figura 9.

Resultado de nitratos de los tres puntos.

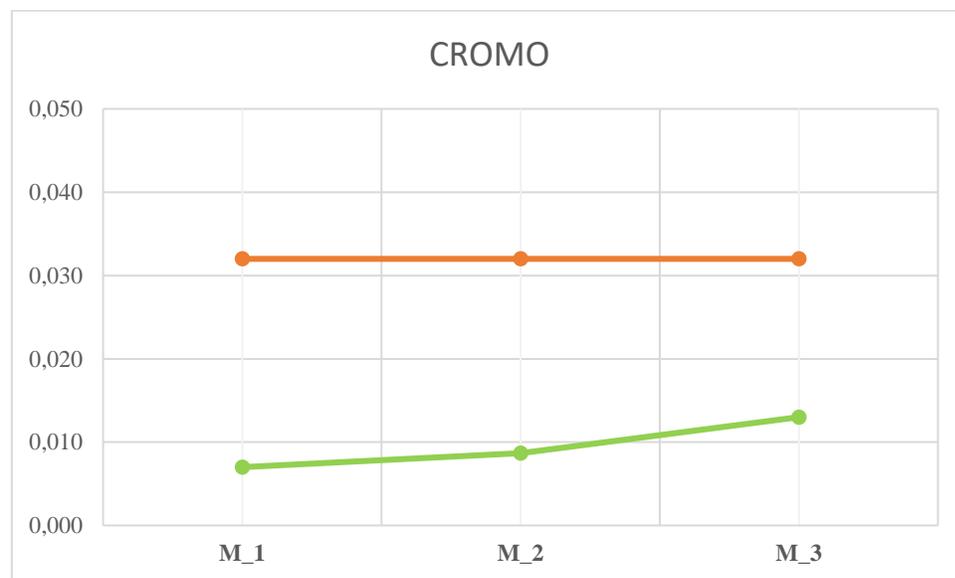


Nota: Promedio de nitratos del río Illuchi. Elaborado por la investigadora.

Como se observa en la figura 9, la cantidad nitratos en el río varía entre 21 a 24 mg/l, siendo el último punto que está ubicado en la parroquia Ignacio Flores con la más alta concentración de nitratos con 24 mg/l, sin embargo, como indica en el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1 TULSMA Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 3 criterios de calidad de aguas para riego agrícola, sobrepasan el límite máximo permisible para el uso agrícola de 13mg/l. Los niveles altos de nitratos afectan la calidad del agua, ya que son provocados por la contaminación agrícola, así mismo baja los niveles de oxígeno disuelto del agua.

Figura 10.

Resultado de cromo de los tres puntos.



Nota: Promedio de cromo VI en el río Illuchi. Elaborado por la investigadora.

Los niveles excesivos de cromo hexavalente pueden afectar drásticamente en la vida acuática, sin embargo como se observa en la figura 10, el nivel más alto de cromo VI está ubicado en el punto 3 de la Parroquia Ignacio Flores, con 0.013 mg/l y los más bajos en la primera y segunda ubicación expresándose correspondientemente con 0.007 y 0.009 mg/l; indicando según el Acuerdo Ministerial 097A, Anexo 1

TULSMA Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 3 criterios de calidad de aguas para riego agrícola, el río Illuchi se encuentra dentro del límite máximo permisible de cromo VI con 0.032mg/l, esto se refiere a que los niveles de cromo en el afluente no son extremos.

Figura 11.

Resultado de DQO de los tres puntos.

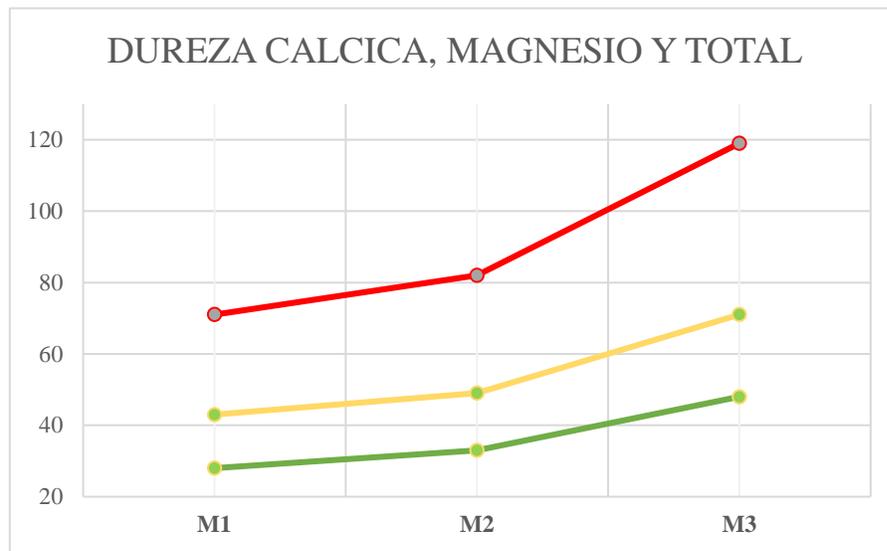


Nota: Promedio de la Demanda Química de Oxígeno del río Illuchi. Elaborado por la investigadora.

Los valores de DQO del río Illuchi se observa en la figura 11, en donde el último punto que está ubicado en la parroquia Ignacio Flores contiene mayor Demanda Química de Oxígeno con 46 mg/l, así mismo, en el primer y segundo punto contienen menos cantidad de contaminación con unos valores de 23 y 28 mg/l; los niveles altos de DQO en el río puede afectar la idoneidad de la calidad para servicios agrícolas que se realizan en el sector. Además, la Demanda Química de Oxígeno siempre está por encima del DBO5.

Figura 12

Dureza cálcica del río Illuchi por puntos.



En la figura 12 se observa el nivel de dureza que contiene el río Illuchi, según la OMS los límites para considerar si el agua es blanda presenta concentraciones inferiores a 60 mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3), medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/L. Entonces en el punto tres su dureza total llega a los 119 mg/L, siendo un agua dura casi llegando a ser muy dura, así mismo en el punto 1 y 2 con 71 mg/L y 82 mg/L. Considerando al río Illuchi con niveles casi altos en concentraciones de calcio y magnesio.

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS				
	UNIDADES	ILLAGUA	IGNACIO FLORES	BELISARIO QUEVEDO
Potencial de Hidrógeno	pH	6.76	7.12	7.32
Temperatura del agua	C°	11.13	13.63	16.57
Oxígeno Disuelto	% de saturación	33.97	24.37	23.13
Conductividad Eléctrica	µs/cm	97.00	110.67	88.67
Nitratos	mg/l	22.70	21.30	24.33
Cromo	mg/l	0.01	0.01	0.01
DQO	mg/l	22.67	28.33	46.00
Temperatura ambiente	C°	10.70	13.30	16.80
Calcio	mg/l	28	33	48
Magnesio	mg/l	43	49	71

11.4. Análisis estadístico de los parámetros físico químicos.

Tabla 14

Tabla de probabilidad de error del río Illuchi (ANOVA).

Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3
pH	0,7197	0,8324	0,7547
Temperatura	0,6213	0,7221	0,6041
Oxígeno Disuelto	0,7433	0,8455	0,6541
Conductividad Eléctrica	0,7781	0,7233	0,7642
Nitratos	0,8711	0,8324	0,7139
Cromo	0,8213	0,8123	0,6751
DQO	0,8133	0,8354	0,8912
Calcio	0,7344	0,8656	0,7453

Magnesio	0,7921	0,7654	0,6605
-----------------	--------	--------	--------

En la tabla 14 se observa los resultados estadísticos obtenidos para los parámetros físico químicos, el pH en los tres puntos es más probable que no exista probabilidad de error en los resultados obtenidos, así mismo, la temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitratos, cromo, DQO, calcio y magnesio en los tres puntos se obtiene menor probabilidad de error ya que son cercanos al 1. En el punto 3 de los parámetros se identificó que existe un nivel de probabilidad menor comparado a los puntos 1 y 2.

Resultados del Índice de calidad del agua (ICA)

Tabla 15

Índice de calidad de agua de cinco parámetros para la vida acuática y silvestre.

Punto de monitoreo	Unidad	Punto 1			Punto 2			Punto 3			
		LM P	S_1	S_2	S_3	s_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
OD	% de saturación	>80	34	36.7	31.2	25.4	17.1	30.6	28.1	23	18.3
Conductividad			97	100	94	112	96	124	98	81	87
Nitratos	mg/l	13	25.1	23.1	19.9	20.2	21.3	22.4	21.7	27.7	23.6
Cromo	mg/l	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
DQO	mg/l	2	40	28	17	23	27	37	21	45	56
ICA		80.05			74.70			72.60			
Valor		BUENO			BUENO			REGULAR			

En la tabla 14 se puede observar el análisis del índice de calidad de agua mediante el ICA-Canadá se utilizó 5 parámetros que son el oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitratos, cromo y la demanda química de oxígeno, esto se tomó en cuenta para la vida acuática y silvestre de los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097 A; los cuales al realizar, dio como resultado en el primer y segundo punto un valor de 80.05 y 74.70 respectivamente, en donde la calidad

expresada es buena, sin embargo en el último punto se expresó una puntuación de 72.60 representando así una calidad mala.

11.5. Resultados de los índices de calidad para macroinvertebrados

Tabla 16

Número de individuos y resultado de macroinvertebrados de la primera semana.

7 DE MAYO (Semana 1)								
CLASE		ORDEN		FAMILIA		Nº INDIVIDUOS		
INSECTA		OLIGONEURIIDAE		OLIGONEURIIDAE		82		
HIRUDINEA		PLANARIIDAE		PLANARIIDAE		0		
TURBELLARIA		PLANARIIDAE		PLANARIIDAE		5		
POLYPEDILUM		CHIRONOMIDAE		CHIRONOMIDAE		25		
INSECTA		TABANIDAE		TABANIDAE		15		
MALACOSTRACA		HYALELLIDAE		HYALELLIDAE		36		
INSECTA		BAETIDAE		BAETIDAE		22		
OLIGOCHAETA		PLANARIIDAE		PLANARIIDAE		22		
GIGANTODAX		SIMULIIDAE		SIMULIIDAE		23		
GASTEROPODA		PHYSIDAE		PHYSIDAE		9		
INSECTA		NAUCORIDAE		NAUCORIDAE		1		
OLIGOCHAETA		PLANARIIDAE		PLANARIIDAE		80		
TOTAL						320		
Punto de Muestreo	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad	EPT %	Calidad	Shannon-Weaver	Biodiversidad
Illagua	46	Dudosa	30	Regular	33%	Regular	1,92	Bajo
Ignacio Flores	47	Dudosa	35	Regular	22%	Regular	1,79	Bajo
Belisario Quevedo	33	Crítica	25	Malo	38%	Malo	1,57	Bajo

Nota: Índices de calidad de agua de macroinvertebrados. Elaborado por la investigadora.

En la tabla 15 se puede observar que en la primera semana correspondiente al 7 de mayo se detectó una cantidad total de 320 individuos, con 11 especies diferentes, en donde la especie más predominante fue la clase INSECTA que pertenece al orden OLIGONEURIIDAE, estas se caracterizan en tener un cuerpo robusto y por poseer una doble fila en la parte inferior del esqueleto. Así mismo la segunda que más destaque en el afluente es la OLIGOCHAETA que pertenece a la familia PLANARIIDAE con 80 individuos, estos son tipos de anélidas que se por lo general estos tienen un cuerpo segmentado en anillos.

En el primer punto del río Illuchi, está ubicado en Illagua, en donde el Biological Monitoring Working Party (BMWP) dio un puntaje de 46, el ABI una puntuación de 30 y el EPT un porcentaje de 33%, dando una calidad del agua regular, mientras que su biodiversidad mediante el Shannon Weaver dio baja con 1.92 de puntuación. Esto debido a que en la sección se observaron diferentes actividades antrópicas que afecto la calidad del rio llevando así a la perdida de bioindicadores que indican su buena calidad.

En el segundo sitio de muestra ubicado en Ignacio Flores, se observó una valoración de 47 en BMWP, 35 en ABI y 22% en EPT, obteniendo de igual manera una calidad regular, así mismo tiene una biodiversidad baja en el análisis de Shannon Weaver. Esto quiere decir que la calidad del rio no se observa tan afectada a comparación del último punto.

El último punto que se muestreo en Belisario Quevedo, se obtuvo los resultados de BMWP con 33, ABI con 25 y EPT con un 38%, a diferencia de los dos primeros lugares, este presenta una calidad mala, con una biodiversidad baja de 1.57. en esta sección la calidad es baja ya que por diversos aspectos tanto la actividad ganadera con los desechos tóxicos interviene para que calidad del río disminuya.

Tabla 17.

Número de individuos y resultado de macroinvertebrados de la segunda semana.

28 DE MAYO (Semana 2)								
CLASE	ORDEN	FAMILIA	N° Individuos					
INSECTA	OLIGONEURIIDAE	OLIGONEURIIDAE	51					
HIRUDINEA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	11					
TURBELLARIA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	6					
POLYPEDILUM	CHIRONOMIDAE	CHIRONOMIDAE	21					
INSECTA	TABANIDAE	TABANIDAE	8					
MALACOSTRACA	HYALELLIDAE	HYALELLIDAE	13					
INSECTA	BAETIDAE	BAETIDAE	11					
OLIGOCHAETA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	21					
GIGANTODAX	SIMULIIDAE	SIMULIIDAE	9					
GASTEROPODA	PHYSIDAE	PHYSIDAE	5					
INSECTA	NAUCORIDAE	NAUCORIDAE	12					
OLIGOCHAETA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	93					
TOTAL			261					
Punto de Muestreo	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad	EPT %	Calidad	Shannon-Weaver	Biodiversidad
Illagua	51	Dudosa	37	Regular	26%	Regular	1,72	Bajo
Ignacio Flores	39	Dudosa	30	Mala	22%	Mala	1,57	Bajo
Belisario Quevedo	41	Dudosa	42	Regular	23%	Regular	1,32	Bajo

Nota: Índices de calidad de macroinvertebrados del río Illuchi. Elaborado por la investigadora.

Así mismo en la tabla 16 se puede observar que en la segunda semana se recolectó 261 individuos, con 12 diferentes tipos de especies, el dónde el que se

encontró en abundancia fue la clase OLIGOCHAETA que pertenece a la familia PLANARIIDAE.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el primer punto, el BMWP dio 51, ABI 37 y el EPT un 26%, obteniendo una calidad regular y con una biodiversidad baja de 1.72; en el segundo punto la calidad varió comparado a la primera semana, siendo el BMWP una calidad dudosa con un puntaje de 39, en cambio en la calidad ABI y EPT dio una calidad mala con un puntaje de 30 y 22% correspondientemente, al igual que el resto de muestreos dio un puntaje bajo de biodiversidad de Shannon Weaver con 1.57; el último punto de muestreo se observó una calidad regular tanto en BMWP, ABI y EPT, con un puntaje de 41, 42 y 23% correspondientemente, y una biodiversidad baja de 1.32.

Tabla 18.

Número de individuos y resultado de macroinvertebrados de la última semana.

11 DE JUNIO (Semana 3)			
CLASE	ORDEN	FAMILIA	Nº INDIVIDUOS
INSECTA	OLIGONEURIIDAE	OLIGONEURIIDAE	79
HIRUDINEA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	13
TURBELLARIA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	5
POLYPEDILUM	CHIRONOMIDAE	CHIRONOMIDAE	17
INSECTA	TABANIDAE	TABANIDAE	13
MALACOSTRACA	HYALELLIDAE	HYALELLIDAE	12
INSECTA	BAETIDAE	BAETIDAE	1
OLIGOCHAETA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	14

GIGANTODAX	SIMULIIDAE	SIMULIIDAE	9
GASTEROPODA	PHYSIDAE	PHYSIDAE	4
INSECTA	NAUCORIDAE	NAUCORIDAE	2
OLIGOCHAETA	PLANARIIDAE	PLANARIIDAE	106
TOTAL			275

Punto de Muestreo	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad	EPT %	Calidad	Shannon-Weaver	Biodiversidad
Illagua	48	Dudosa	34	Malo	35%	Regular	1,57	Bajo
Ignacio Flores	39	Dudosa	30	Malo	22%	Malo	1,53	Bajo
Belisario Quevedo	31	Crítica	28	Malo	36%	Malo	1,10	Bajo

Nota: Índices de la calidad del agua en el río Illuchi. Elaborado por la investigadora.

La última semana se recolecto un total de 275 individuos y se identificó alrededor de 12 diferentes tipos de especies, siendo la más predominante la clase OLIGOCHAETA que pertenece a la familia PLANARIIDAE; así mismo se encontró una gran cantidad de la clase INSECTA q pertenece a la familia OLIGONEURIIDAE con 79 individuos, estos resultados se pueden observar en la tabla 17.

La calidad de agua del río Illuchi se estableció como dudosa en los dos primeros puntos y crítica en el último según el análisis de BMWP, mientras que en la calidad ABI todos los puntos representan una calidad mala, y mediante el EPT en el primer punto su índice es regular, el segundo y tercer punto su calidad es mala; finalmente se determinó que en todos los puntos de la última semana la biodiversidad de los individuos es baja.

11.6. Comparación de los resultados fisicoquímicos con los índices de calidad de agua de macroinvertebrados.

Tabla 19

Comparación de los índices de bioindicadores y los índices de calidad de agua (ICA).

RÍO ILLUCHI											
Punto de muestreo	MES	Calidad del Agua						Biodiversidad SHANNON – WEAVER	ABUNDANCIA		
		BMWP/col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad				
ILLAGUA	Semana 1	46	DUDOSA	30	REGULAR	33%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.92	85	
	Semana 2	51	DUDOSA	37	REGULAR	26%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.72	81	
	Semana 3	48	DUDOSA	34	MALO	35%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.57	71	
IGNACIO FLORES	Semana 1	47	DUDOSA	35	REGULAR	22%	MALA	Biodiversidad baja	1.79	78	
	Semana 2	39	DUDOSA	30	MALA	22%	MALA	Biodiversidad baja	1.57	67	
	Semana 3	39	DUDOSA	30	MALO	22%	MALA	Biodiversidad baja	1.53	67	
BELISARIO QUEVEDO	Semana 1	33	CRÍTICA	25	MALO	38%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.57	157	
	Semana 2	41	DUDOSA	42	REGULAR	23%	MALO	Biodiversidad baja	1.32	113	
	Semana 3	31	CRÍTICA	28	MALO	36%	REGULAR	Biodiversidad baja	1.32	137	
Vida acuática y silvestre											
		ICA				80.05			74.70	72.60	
		Valor				BUENO		BUENO	REGULAR		
Riego de agricultura											
		ICA				58.39			63.03	63.82	
		Valor				MALA		MALA	MALA		

Como se observa en la tabla 18, al interpretar los análisis de la calidad mediante macroinvertebrados, en el primer punto ubicado en la comunidad de Illagua, durante las 3 semanas consecutivas la calidad mediante BMWP y EPT se conservó en dudosa, sin embargo, en la tercera semana mediante el índice ABI se identificó con una calidad mala, esto debido a que cada índice de calidad tiene diferentes maneras de calificar referentes a la familia orden y clase. En el caso de Shannon Weaver, el cual identifica su biodiversidad durante las tres semanas resultó una deficiente biodiversidad con una calificación de 1,57 a 1,92 en el puntaje Shannon. Al comparar con los análisis físico químicos se identificó que la calidad del agua esta en condiciones buena casi regular para la vida acuática silvestre según las normas INEN del acuerdo ministerial 097 A, sin embargo, las condiciones del afluente indican que no es accesible para el uso de riego agrícola según dicta la normativa.

En el punto dos del río que está ubicado en Ignacio Flores, durante las tres semanas se observó una calidad dudosa según el índice BMWP, pero en los índices de calidad ABI y EPT se identificó con una calidad Mala, ya que, los órdenes y clases de cada macroinvertebrado recolectados en el lugar tienen una puntuación baja, a diferencia de las familias y como el primer índice se identifica por familias entonces dio una calidad dudosa. Así mismo la abundancia determinada en el lugar dio baja según el índice de Shannon Weaver. Para la vida acuática y silvestre según el índice ICA de Canadá, dio como resultado una calidad buena casi regular

11.1. Propuesta de manejo del recurso hídrico del río Illuchi

11.1.1 Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo manejar de una manera eficiente el recurso hídrico del río Illuchi. El río Illuchi en la actualidad se encuentra en un riesgo moderado a crítico en base a los resultados obtenidos de la investigación realizada.

Las actividades antropogénicas generadas como la actividad agrícola y ganadera, a ocasionado un desbalance en el nivel de calidad del afluente afectando más que nada a las personas que ocupan este recurso; lo cual es crucial implementar diversas formas de manejo del recurso hídrico, estas propuestas están dirigida

especialmente a las comunidades que están situadas alrededor del río ya mencionado y que hacen uso frecuente de este afluente.

11.1.2 Objetivo

Manejar de una manera eficiente el recurso hídrico del río Illuchi para mitigar los efectos de la contaminación de las diferentes actividades antropogénicas adyacentes al río.

11.1.3 Marco legal

El marco legal que se presenta a continuación se tomo en cuenta para la preparación de la propuesta de recurso hídrico sostenible:

11.1.3.1. Constitución de la república del Ecuador

Capítulo segundo - Derechos del buen vivir

Sección primera - Agua y alimentación

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

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Capítulo tercero - Soberanía alimentaria

Art. 282.- El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra. Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes. El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Sección sexta – Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

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

Sección séptima - Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

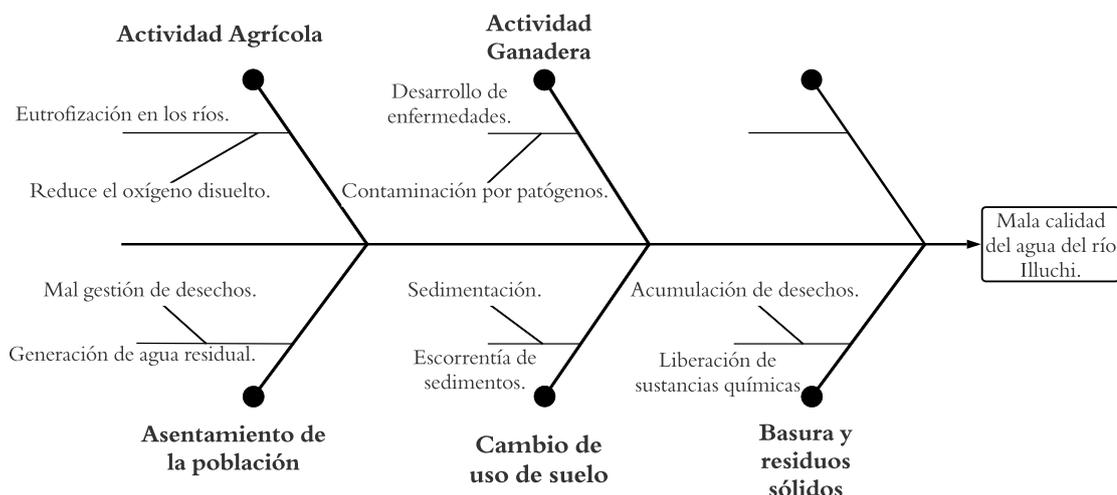
Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008)

11.1.4 Desarrollo

11.1.4.1. Análisis de los diversos problemas que afectan la calidad del río mediante un diagrama de Ishikawa para la elaboración de la propuesta de manejos de recursos hídricos.

Figura 13.

Diagrama de Ishikawa Causas y Efectos de la contaminación del río Illuchi.



En la figura 14 se puede ver las causas y efectos que ocasiona la mala calidad del río Illuchi mediante un diagrama de Ishikawa, en el punto alto del río Illuchi ubicado en el barrio Illagua, se pudo observar que realizaban actividad agrícola, el cual esta altera la calidad en el río, afectando también a la vida acuática, ya que el uso de fertilizantes y otros químicos mediante la escorrentía llega al río y contamina el agua, además que al modificar los patrones naturales de drenaje del afluentes para riego puede afectar en la regulación de inundaciones.

En el segundo punto ubicado en la parroquia Ignacio flores se identificó actividades agrícolas y ganaderas, el cual, al alimentar al ganado vacuno alrededor de los ríos, se desarrollan contaminación patógena que afecta a la salud de la población y la vida silvestre que existe aledañas al río Illuchi.

En el último sector del río, ubicado en Belisario Quevedo se determinó la contaminación de este afluente por la acumulación de residuos sólidos y por actividad ganadera, el cual los desechos al conservarse en lugares cerca del río desarrollan sustancias químicas que alteran la calidad del agua, además de afectar visiblemente al río.

Los cambios de uso de suelo se identificaron en los tres puntos de recolección, ya sea por urbanización o por el desarrollo de infraestructuras aledañas al afluente, ocasionaron pérdida de fauna y flora, la cual afectó el equilibrio del ecosistema local como el río Illuchi, alterando cada vez más la calidad del afluente.

11.1.4.2. Método de Iceberg para identificar los puntos mas importantes y dar propuestas para el manejo de recurso hídrico.

Como se puede observar en la figura 15, el iceberg esta formado de dos partes, la visible y la oculta. En la parte visible se encuentra la contaminación del río Illuchi y las diferentes propuestas para reducir las consecuencias que traen las actividades antropogénicas generadas por la población. En la parte oculta se desglosa las diferentes actividades que son causa de la contaminación del afluente como la actividad agrícola, la acumulación de desechos y las actividades que se realizan en las adyacentes del río, as mismo para cada causa se realizaron propuestas que son económicas y factibles para que la sociedad tenga el conocimiento adecuado del uso del recurso hídrico, así como fomentar de manera eficiente y amigable las diferentes actividades que se realizan en sus alrededores.

Figura 14

Puntos importantes y varias propuestas para reducir la contaminación en el río Illuchi



Nota: Parte oculta y visible de los problemas que afectan al río Illuchi y posibles soluciones que tomar en cuenta. Elaborado por la investigadora.

11.1.4.3. *Propuesta para el uso eficiente del recurso hídrico del río Illuchi.*

Tabla 20

Cuadro de propuestas para el manejo de recurso hídrico en los aspectos social-cultural, económico y ambiental.

Aspecto social-cultural		
Objetivo: Promover la participación activa de la comunidad		
Propuesta	Actividad	Responsable
Programa de Concientización sobre Uso Responsable del Agua	Campañas de sensibilización en medios locales y redes sociales	- Líderes de la comunidad - Investigadores - GAD
	Charlas en eventos comunitarios y ferias	
	Campañas educativas sobre la importancia de la gestión de residuos	

Aspecto económico		
Objetivo: Disminuir el nivel de contaminación del río Illuchi		
Programa de Agricultura Sostenible y Eficiente	Capacitación en técnicas de riego eficiente y conservación	
	Intercambio de experiencias entre agricultores	
	Facilitación de acceso a subsidios para tecnologías sostenibles de uso de sistemas de riego eficiente y técnicas de conservación de suelo	- Líderes de la comunidad
Manejo Sostenible de la Actividad Ganadera	Capacitación en prácticas de manejo sostenible de desechos	-Investigadores -GAD
	Minimizar la huella ambiental de la actividad ganadera mediante el fomento de pastoreo rotativo y sistemas de confinamiento	-Líderes agrícolas -Líderes ganaderos
	Implementar sistemas de gestión de estiércol y desechos animales para evitar la escorrentía de contaminantes al agua.	
Aspecto ambiental		
Objetivo: Mejorar la calidad del agua y del ambiente		
Programa de Gestión Integral de Residuos	Organización de eventos de limpieza comunitaria	
	Campañas de sensibilización sobre el manejo de residuos	- Líderes de la comunidad -Investigadores
	Reducir la acumulación de desechos contaminantes mediante implementación de sistemas de separación de residuos	-GAD -Comité de gestión de residuos.

Nota: Propuestas y actividades que se tienen que tomar en cuenta para mejorar la calidad del río Illuchi. Elaborado por la investigadora.

Como se observa en la tabla 19, las propuestas fueron elaboradas para cumplir cada objetivo planteado, en los ámbitos socioculturales, económicos y ambientales. Estas propuestas reducirán en gran escala los niveles de contaminación del río Illuchi, ya que se enfoca en las actividades antropogénicas de la población, que los las principales que afectan el afluente.

En el aspecto socio-cultural se refiere a la concientización mediante campañas de sensibilización, educativas y charlas en eventos comunitarios y ferias. Para fortalecer la responsabilidad del recurso hídrico, esto mediante la colaboración de voluntarios, educadores y expertos en el tema, usando mensajes claros y ejemplos locales.

Dentro del aspecto económico se enfocó en una agricultura sostenible y eficiente, en donde mediante la capacitación de técnicas en riego eficiente, intercambio de experiencia entre agricultores y la facilitación de subsidios para tecnologías sostenibles, se lograría mejorar la productividad agrícola y optimizar el consumo de agua, así como fomentar las practicas sostenibles en la agricultura; esto con la colaboración de agrónomos y expertos en agricultura sostenible. Así mismo, el manejo sostenible de la actividad ganadera por medio del monitoreo de pastoreo rotativo y sistemas de confinamiento y la capacitación de practicas de manejo sostenible de desechos; con ayuda de lideres ganaderos y organizaciones ambientales.

Y como último el aspecto ambiental, se tomo en cuenta la gestión integral de residuos con la implementación de sistemas de separación de residuos, campañas de sensibilización sobre el manejo de residuos y mingas entre las poblaciones para la recolección de residuos adyacentes al río, para reducir la acumulación de desechos y mejorar la calidad del río, con la colaboración de organizaciones de gestión de residuos y empresas de reciclaje y lideres comunitarios.

Al momento de cumplir estas actividades se espera un enfoque positivo para la calidad del río Illuchi y más relación de la población con la importancia del afluente y diferentes maneras de prácticas ecológicas que tienen que actuar de manera inmediata.

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

12.1. Técnicos

El río Illuchi tiene varios análisis de calidad del agua, sin embargo, se necesita un monitoreo continuo de este afluente, ya que es indispensable para zonas aledañas por el uso continuo que se le da, además de incluir nuevos métodos de análisis y una propuesta para manejar este recurso hídrico, así mismo contribuye como una guía para posteriores análisis de calidad de este río.

12.2. Sociales

El proyecto de investigación se realizó con el objetivo de dar información actualizada a las poblaciones aledañas de la calidad del río Illuchi, para que tomen las medidas necesarias en el riego agrícola y su uso de agua para el grupo ganadero, así mismo al implementar una propuesta sobre este afluente, ayudará a la sociedad a tener una mejor calidad de vida.

12.3. Ambientales

Las actividades que tienen origen antrópico son muy evidentes, los cuales destacan la ganadería y agricultura, agregándoles también la pesca deportiva lo cuales generan asentamientos humanos, afectando así el caudal del río Illuchi, por esta razón se determinó la calidad del agua para poder evaluar y determinar una propuesta que ayude al afluente.

12.4. Económicos

En el proyecto de investigación se realizaron métodos viables y económicos para la recolección de macroinvertebrados, el cual ayudo a identificar el nivel de contaminación que contiene el río Illuchi mediante índices que se utilizan en los bioindicadores, además el análisis fisicoquímico fue ejecutado en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que cuenta con los materiales necesarios para realizar estudios de calidad del agua.

13. CONCLUSIONES

- Los puntos determinados fueron tomados en cuenta por diferentes acciones antrópicas que realiza la población que habitan en la zona, en donde la calidad del río es afectada por el ingreso de ganados bovinos que generan enfermedades por patógenos y perturba la vida acuática, las actividades agrícolas mediante las escorrentías causa eutrofización en el río y la acumulación de desechos adyacentes que existe cerca del afluente generan químicos que llegan a la corriente y aumenta el nivel de contaminación. También los puntos muestreados se determinaron mediante la norma técnica ecuatoriana para el muestreo de aguas.
- Para el análisis físico-químico se tomó en cuenta 9 parámetros que son: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitratos, cromo, Demanda Química de Oxígeno y la dureza de calcio y magnesio. En base a estos parámetros la calidad del agua del río Illuchi dio un resultado de bueno en los dos primeros puntos seleccionados y malo en el último punto, así mismo en el muestreo de macroinvertebrados se encontró un total de 856 individuos y 12 especies diferentes siendo el más predominante la clase OLIGOCHAETA e INSECTA, obteniendo así una calidad dudosa en los dos primeros puntos y crítica en el último punto con una calificación de 48.3; 41.7 y 35 correspondientemente de BMWP; la puntuación de ABI se obtuvo un resultado de calidad mala en los tres puntos con un puntaje de 33.7; 31.7 y 31.7; así mismo en la calidad de EPT se observó una calidad regular en el primer y último punto y malo en el segundo con un porcentaje de 31%, 22% y 32%. Finalmente, la biodiversidad de afluente que se determinó mediante Shannon Weaver resultó en una biodiversidad baja con 1.74 de calificación.
- Se identificó que el río Illuchi tiene una calidad entre media y baja, por diferentes factores antropogénicos que afectan la calidad del río, las más relevantes son las actividades agrícolas, ganaderas y la acumulación de residuos sólidos, el cual desarrolla la comunidad. Para esto se diseñó 4 propuestas con 12 actividades, en donde contiene estrategias del uso eficiente del agua para riego y el intercambio de experiencias entre

agricultores, el fomento de pastoreo rotativo y su capacitación de diferentes practicas del manejo sostenible de los desechos de animales, así mismo se propone establecer programas de concientización y mingas adyacentes al río para mejorar la calidad del río Illuchi y la forma de subsistencia de la comunidad.

14. RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar más parámetros fisicoquímicos, para obtener una calidad mas exacta en los cálculos del índice de calidad del agua. Tomar en cuenta los límites máximos permisibles que se encuentran en el Acuerdo Ministerial 097 A, por cada tema en especifico y no en general ya que al realizar los cálculos ICA de Canadá especifica calcular de manera individual.
- Se recomienda, realizar al menos 3 muestreos por puntos para tener una mejor precisión en la calidad del río, así mismo establecer un tiempo determinado en cada punto para la recolección de macroinvertebrados.
- Se recomienda compartir los resultados y las propuestas con las comunidades locales y las autoridades ambientales. La educación y sensibilización son esenciales para fomentar la acción en la protección del recurso hídrico. Para que las autoridades respectivas tomen medidas para reducir los niveles de contaminación del río Illuchi.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(N.d.-e). Carbotecnia.Info. Retrieved July 2, 2023, from <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-ph-del-agua/>

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2021). Fuentes de contaminación de los ríos. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.epa.gov/es/fuentes-de-contaminacion-de-los-ríos>

- Analytical and Bioanalytical Chemistry. (2018). Determination of hardness in water samples by titration. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-018-0966-6>
- COA. (12 de Abril de 2017). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Recuperado el 25 de junio de 2023, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6407/1/S028593_es.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>
- CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. (20 de octubre de 2008). Constitución Asamblea Nacional. Obtenido de Constitución Asamblea Nacional: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Dirección de Recursos Hídricos. (2017). Calidad de Agua. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.rekursoshidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- Durán, A. Z. O., & Suarez, D. A. G. (2018). Determinación del tratamiento y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. *Dinámica ambiental*, 2, 9–25. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5768>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Belisario Quevedo. (2015). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL BELISARIO QUEVEDO 2015 - 2019. Belisario Quevedo. Obtenido de

https://belisarioquevedo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2018/01/PDYOT_FINAL_2018.pdf

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (Noviembre de 1998).

NTE INEN 2 169:98. Obtenido de https://www.grupoquimicomarcos.com/downloads/medios_de_preservacion_de_muestras.pdf

Jairo, E., & Granados, M. (s/f). Tema: Soluciones Buffer. Edu.co. Recuperado el 16 de julio de 2023, de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4810/334001-%20Soluciones%20Buffer-Amortiguadoras.pdf;jsessionid=398A1F0A2CCDC0497346A7983888FE11.jvm1?sequence=1>

L, Edgar Isch. (2011). Contaminación de las aguas. Foro de los recursos hídricos, 52.

Ladrera, R., Rieradevall, M., & Prat, y. N. (n.d.). MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS: UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA. Ehu.Eus. Retrieved June 26, 2023, from https://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf

M, José E. Marcano. (1 de Junio de 2020). Educación Ambiental en RD. Obtenido de <https://jmarcano.com/recursos-naturales/agua/>

Martínez, C. (24 de Enero de 2018). Investigación descriptiva: definición, tipos y características. Obtenido de Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva>

Moreno, C. E., & Melic, A. (n.d.). Título del volumen: Métodos para medir la biodiversidad. Rediris.Es. Retrieved June 30, 2023, from <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>

Muguira, A. (18 de Noviembre de 2015). QuestionPro. Obtenido de Tipos de investigación y sus características: <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/>

MV, Sanchón. (s.f.). LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA. Obtenido de Salud Pública y AP de Salud: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/868/course/section/485/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf>

Narvaez, M. (6 de Abril de 2023). QuestionPro. Obtenido de Método inductivo: Qué es, características y ejemplos: <https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-inductivo/>

Organización Mundial de la Salud. (2011). Agua y salud humana. Recuperado el 25 de junio de 2023, de https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/9789243563838_chap1.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (2023). Agua y Saneamiento. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>

Ortega, C. (16 de Abril de 2019). QuestionPro. Obtenido de ¿Qué es la investigación explicativa?: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-explicativa/>

QuestionPro. (s.f.). Obtenido de Investigación de Campo: <https://www.questionpro.com/es/investigacion-de-campo.html>

REFORMA LIBRO VI DEL TULSMA. (4 de noviembre de 2015). Acuerdo Ministerial 097-A. Obtenido de Anexos de Normativa: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

REGLAMENTO LEY RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. (20 de Abril de 2015). Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf>

Republica, C. d. (20 de octubre de 2008). Obtenido de <https://www.defensa.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Ríos-Touma, Blanca, Acosta, Raúl, & Prat, Narcís. (2014). El Índice Biótico Andino (IAB): valores revisados de tolerancia a la contaminación para familias de macroinvertebrados y evaluación del desempeño del índice. *Revista de Biología Tropical*, 62 (Supl. 2), 249-273. Recuperado el 29 de junio de 2023, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000600017&lng=en&tlng=.

Rubén Ladrera Fernández. (2013). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>

SciELO Perú. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Recuperado el 25 de junio de 2023, de https://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342018000200019&script=sci_arttext

TULSMA. (31 de MARZO de 2003). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

Water Research. (2017). Chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD) correlations for municipal wastewater treatment. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135417302075>

Water Research. (2017). Nitrate pollution of groundwater: all sources are not equal. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135417302075>

Water Research. (2017). Water quality parameters. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/water-quality-parameters>

Water Research. (2019). Calcium and magnesium removal from hard water by electrocoagulation using aluminum electrodes. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313541930269X>

16. ANEXOS

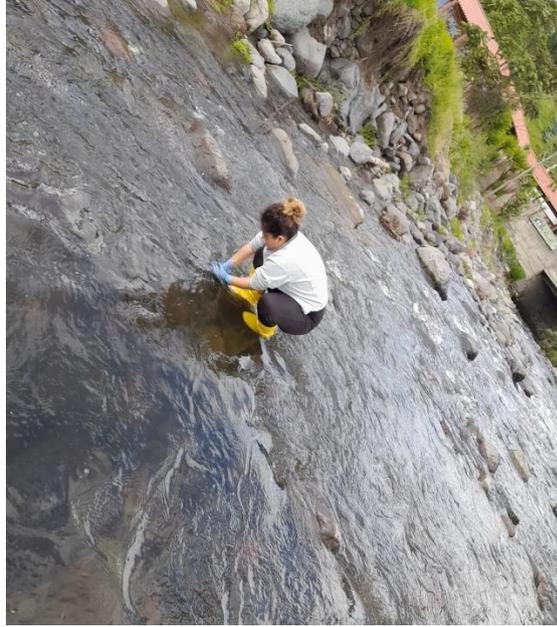
16.1. Anexo_1

Selección de los puntos de muestreo.



16.2. Anexo_2

Recolección de muestras de los parametros fisico quimicos en el río Illuchi.





16.3. Anexo_3

Recolección de muestras de los bioindicadores en el río Illuchi.



16.4. Anexo_4

Preparación de los químicos para la determinación de la dureza del río Illuchi.



16.5. Anexo_5

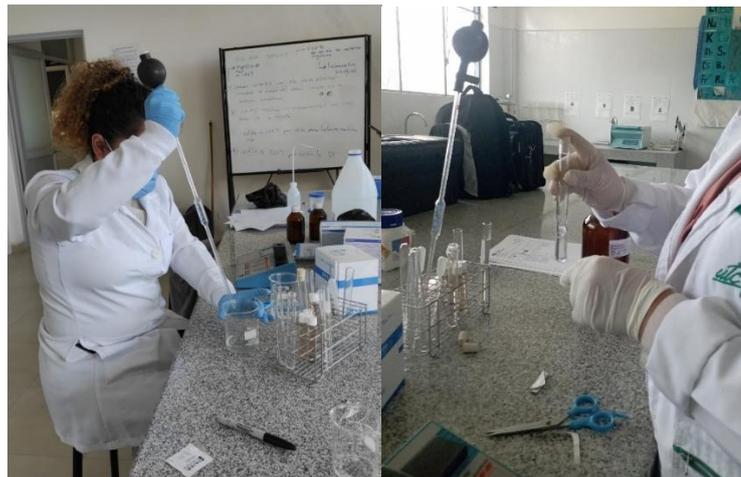
Análisis de la dureza del calcio y magnesio del río Illuchi.





16.6. Anexo_6

Análisis de los parámetros físico químicos del río Illuchi.



16.7. Anexo_7

Observación de los bioindicadores y su clasificación del río Illuchi.



16.8. Anexo_8

Identificación de macroinvertebrados y análisis del punto 1 del río Illuchi.

P1

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	7/5/2023		HORA DE RECOLECCIÓN:	11:30-12:00				
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	8/5/2023					RESPONSABLE:		
COORDENADAS:	X	7849187	Y	920562921	ALTITUD	3480.84	Illagua	
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
C°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	Weaver
1	Insecta	Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE	16	7	4	16	1.92
2	Hirudinea	Annelida	ANNELIDA	-	-	-	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	5	5	5	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	7	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	3	5	4	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	8	7	6	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	12	7	4	12	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	5	5	1	-	
9	Gigantodax		SIMULIIDAE	-	-	-	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	2	3	3	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	-	-	-	-	
12	OLIGOCHAETA		PLANARIIDAE	27	5	1	-	
TOTAL				85	46	30	28	
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	33%	BAJO
						REGULAR		

P1

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	28/5/2023	HORA DE RECOLECCIÓN:		11:15 – 12:45				
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	29/5/2023				RESPONSABLE:		Jessica Ordoñez	
COORDENADAS:	X	7849187	Y	920562921	ALTITUD	2886.62	Illagua	
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON
1	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	20	7	4	20	1.72
2	Hirudinea	Annelida	PLANARIIDAE	1	5	7	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	5	5	5	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	15	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	1	5	4	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	6	7	6	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	1	7	4	1	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	4	5	1	-	
9	Gigantodax	DYPTERA	SIMULIIDAE	-	-	-	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	1	3	3	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	-	-	-	-	
12	Oligochaeta		PLANARIIDAE	27	5	1	-	
TOTAL				81	51	37	21	
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	26% REGULAR	BAJO

P1

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	11/6/2023	HORA DE RECOLECCIÓN:		12:25 - 12:55				
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	12/6/2023				RESPONSABLE:		Jessica Ordoñez	
COORDENADAS:	X	7849187	Y	920562921	ALTITUD	3480.84	Illagua	
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON
1	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	24	7	4	24	1.57
2	Hirudinea	Annelida	PLANARIIDAE	1	5	7	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	5	5	5	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	12	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	1	5	4	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	2	7	6	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	1	7	4	1	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	5	5	1	-	
9	Gigantodax	DYPTERA	SIMULIIDAE	-	-	-	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	-	-	-	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	-	-	-	-	
12	Oligochaeta		PLANARIIDAE	20	5	1	-	
TOTAL				71	48	34	25	
RESULTADOS:					DUDOSA	MALO	35%	BAJO
							REGULAR	

16.9. Anexo_9

Identificación de macroinvertebrados y análisis del punto 2 del río Illuchi.

P2

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	7/5/2023	HORA DE RECOLECCIÓN:	14:40-15:10					
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	8/5/2023				RESPONSABLE:	Jessica Ordoñez		
COORDENADAS:	X	7856352	Y	940780421	ALTITUD	3480.84	IGNACIO FLORES	
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON
1	Insecta	Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE	12	7	4	12	1.79
2	HIRUDINEA	Annelida	Annelida	-	-	-	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	6	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	12	5	4	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	-	-	-	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	5	7	4	5	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	17	5	1	-	
9	Gigantodax		SIMULIIDAE	6	8	5	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	7	3	3	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	1	5	7	-	

12	OLIGOCHAETA		PLANARIIDAE	12	5	5	-	
TOTAL				78	47	35	17	
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	22%	BAJO
							MALA	

P2

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	28/5/2023		HORA DE RECOLECCIÓN:	14:30-15:00				
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	29/5/2023				RESPONSABLE:	Jessica Ordoñez		
COORDENADAS:	X	7856352		Y	940780421	ALTITUD	3480.84	IGNACIO FLORES
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	Clase	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON
1	Insecta	Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE	5	7	4	5	1.57
2	Hirudinea	Annelida	ANNELIDA	-	-	-	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	1	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	7	5	4	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	-	-	-	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	10	7	4	10	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	17	5	1	-	
9	Gigantodax		SIMULIIDAE	-	-	-	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	4	3	3	-	

11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	2	5	7	-	
12	Oligochaeta		PLANARIIDAE	21	5	5	-	
TOTAL				67	39	30	15	
RESULTADOS:					DUDOSA	MALA	22%	BAJO
						MALA		

P2

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:		11/6/2023		HORA DE RECOLECCIÓN:				
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		12/6/2023				RESPONSABLE:		
COORDENADAS:		X	7856352	Y	940780421	ALTITUD	3480.84	IGNACIO FLORES
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON
1	Insecta	Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE	15	7	4	15	1.53
2	Hirudinea	Annelida	ANNELIDA	-	-	-	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	4	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	12	5	4	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	-	-	-	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	-	7	4	-	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	9	5	1	-	
9	Gigantodax		SIMULIIDAE	-	-	-	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	4	3	3	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	2	5	7	-	

12	Oligochaeta		PLANARIIDAE	21	5	5	-	
TOTAL				67	39	30	15	
RESULTADOS:					DUDOSA	MALO	22%	BAJO
							MALA	

16.10. Anexo_10

Identificación de macroinvertebrados y análisis del punto 3 del río Illuchi.

P3

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	7/5/2023		HORA DE RECOLECCIÓN:	15:55-16:25				
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	8/5/2023					RESPONSABLE:	Jessica Ordoñez	
COORDENADAS:	X	7860274	Y	982156050	ALTITUD	2746.54	BELISARIO QUEVEDO	
TAXONOMÍA					ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON
1	Insecta	Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE	54	7	4	54	1.57
2	Hirudinea	Annelida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
4	Polypédilum	Polypédilum	CHIRONOMIDAE	12	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	-	-	-	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	28	7	6	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	5	7	4	5	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	

9	Gigantodax		SIMULIIDAE	17	5	8	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	-	-	-	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	-	-	-	-	
12	Oligochaeta		PLANARIIDAE	41	5	1	-	
TOTAL				157	33	25	59	
RESULTADOS:					CRÍTICA	MALO	38%	BAJO
							REGULAR	

P3

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	28/5/2023		HORA DE RECOLECCIÓN:					
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	29/5/2023					RESPONSABLE:		Jessica Ordoñez
COORDENADAS:	X	7860274	Y	982156050	ALTITUD	2746.54	BELISARIO QUEVEDO	
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON
1	Insecta	Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE	26	7	4	26	1.32
2	Hirudinea	Annelida	PLANARIIDAE	10	5	7	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	1	5	7	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	5	2	2	-	
5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	-	-	-	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	7	7	6	-	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	-	-	-	-	

8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
9	Gigantodax		SIMULIIDAE	9	5	8	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	-	-	-	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	10	5	7	-	
12	Oligochaeta		PLANARIIDAE	45	5	1	-	
TOTAL				113	41	42	26	
RESULTADOS:					DUDOSA	REGULAR	23%	BAJO
							MALA	

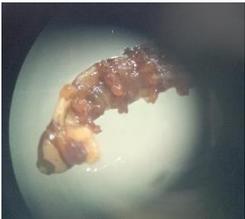
P3

INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	11/6/2023		HORA DE RECOLECCIÓN:					
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	12/6/2023				RESPONSABLE:			
COORDENADAS:	X	7860274	Y	982156050	ALTITUD	2746.54	BELISARIO QUEVEDO	
TAXONOMÍA				ÍNDICES				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Ephemeroptera	OLIGONEURIIDAE	40	7	4	40	1.10
2	Hirudinea	Annelida	PLANARIIDAE	12	5	7	-	
3	Turbellaria	Tricladida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
4	Polypedilum	Polypedilum	CHIRONOMIDAE	1	2	2	-	

5	Insecta	Diptera	TABANIDAE	-	-	-	-	
6	Malacostraca	Amphipoda	HYALELLIDAE	10	7	6	10	
7	Insecta	Ephemeroptera	BAETIDAE	-	-	-	-	
8	Oligochaeta	Annelida	PLANARIIDAE	-	-	-	-	
9	Gigantodax		SIMULIIDAE	9	5	8	-	
10	Gasteropoda	Basommatophora	PHYSIDAE	-	-	-	-	
11	Insecta	Hemiptera	NAUCORIDAE	-	-	-	-	
12	Oligochaeta		PLANARIIDAE	65	5	1	-	
TOTAL				137	31	28	50	
RESULTADOS:					CRÍTICA	MALO	36%	BAJO
							REGULAR	

16.11. Anexo_11

Identificación de macroinvertebrados con sus características que se encontró

Taxonomía	Características	
Familia Oligoneuriidae Phylum Arthropoda Clase Insecta Orden Ephemeroptera	<p>Estas larvas tienen el cuerpo robusto. Se caracterizan por tener una doble fila de pelos en el interior de las patas anteriores. Larvas generalmente grandes de 10 a 25mm.</p>	
Clase: Hirudinea Phylum Annelida	<p>Estos organismos son conocidos comúnmente como sanguijuelas. Son aplanados y poseen aparatos de succión en ambos extremos del cuerpo. Su cuerpo está compuesto de 34 segmentos que lucen como anillos.</p>	
Familia planariidae Phylum Platyhelminthes Orden Tricladida Clase Turbellaria	<p>Se caracterizan por su forma aplanada. Pueden ser de color gris, pardo, amarillento, o negro y pueden tener manchas de diferentes colores. Tienen dos manchas oculares en la cabeza y una apertura que sirve de boca</p>	
Familia chironomidae Género pypedilum	<p>Las larvas no presentan túbulos en el segmento abdominal viii. mentón convexo con un número par de dientes, los cuales son de diferente tamaño. Las placas ventromentales alargadas o no, Con los márgenes laterales redondeados o no. La antena con 5 segmentos. La característica distintiva son los dientes medios, mayores que los primeros laterales</p>	
Familia: tabanidae Phylum Arthropoda Clase Insecta Orden Diptera	<p>Su cuerpo carece de apéndices, pero poseen anillos con pequeños tubérculos en los segmentos torácicos. Pueden presentar propatas en el abdomen. Miden Alrededor de 20 mm.</p>	

<p>Familia: hyalellidae Orden Amphipoda Clase Malacostraca Phylum Arthropoda</p>	<p>Este género se caracteriza por tener un telson (último segmento antes de la cola) entero y por tener un par de apéndices en cada segmento del tórax. Miden desde 2,5 a 20 mm. Los machos pueden diferenciarse por tener la segunda pata notoriamente mayor que las demás.</p>	
<p>Familia Baetidae Phylum Arthropoda Clase Insecta Orden Ephemeroptera</p>	<p>Baetidae es una familia de efímeras con alrededor de 900 especies. Tienen entre 1 y 10 milímetros de longitud y no tienen cola. Tienen agallas abdominales ovaladas y acorazonadas. Los machos generalmente tienen los ojos muy grandes.</p>	
<p>Phylum Annelida Clase Oligochaeta</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>	
<p>Familia Simuliidae Género Gigantodax</p>	<p>En el margen lateral de los segmentos 3 al 6 presentan setas delgadas organizadas de manera regular. El margen anterior del labio es relativamente recto.</p>	
<p>Familia: physidae Phylum Mollusca Orden Basommatophora Clase Gasteropoda</p>	<p>Esta familia presenta una concha en espiral, ovalada, lisa y brillante semejante al vidrio. La punta de la concha es bien pronunciada.</p>	
<p>Familia Naucoridae Orden Hemiptera Clase Insecta Phylum Arthropoda</p>	<p>Miden de 5 a 20 mm. Tienen el cuerpo ovalado y aplanado. Sus patas anteriores son anchas y tienen el rostro corto y robusto.</p>	

<p>Clase: Oligochaeta Phylum Annelida</p>	<p>Se encuentran en una gran variedad de ábitats desde aguas corrientes a estancadas. Algunos prefieren vivir en sedimentos suaves y otros sobre la vegetación acuática. Además, algunos grupos son abundantes de zonas con altos niveles de polución orgánica.</p>	
--	---	---

16.1. Anexo_12

Aval de Traducción



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 DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) – EN EL RÍO ILLUCHI – PARA EL PLANTEAMIENTO DE UNA PROPUESTA DE MANEJO DE RECURSO HÍDRICO- LATACUNGA PROVINCIA DE COTOPAXI – PERÍODO ABRIL-AGOSTO 2023” presentado por: **Ordoñez Fernandez Jessica Alina**, egresada de la Carrera de Ingeniería Ambiental perteneciente 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 la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

MSc. Blanca Gladys Sánchez A.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 2100275375