



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO QUINGEO,
CUENCA, AZUAY, MEDIANTE ANÁLISIS DE BIOINDICADORES EN EL
PERIODO 2021-2022.”**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente

Autor

Garcia Campoverde Julio Cesar

Tutor

Ing. MSc. Ruiz Depablos Joseline Luisa

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Julio Cesar Garcia Campoverde, con cédula de ciudadanía No. 1309878377, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“Estimación de la calidad de agua del río Quingeo, Cuenca, Azuay, mediante análisis de bioindicadores en el periodo 2021-2022.”**, siendo la Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos, Tutora del presente trabajo; y, eximo 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, 23 de marzo del 2022



Julio Cesar Garcia Campoverde

Estudiante

C.C. 1309878377



Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Docente Tutora

C.C. 1758739062

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 **GARCIA CAMPOVERDE JULIO CESAR**, identificada con cédula de ciudadanía **1309878377** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Estimación de la calidad de agua del río Quingeo, Cuenca, Azuay, mediante análisis de bioindicadores en el periodo 2021-2022.”**, 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 2016 – marzo 2017

Finalización de la carrera: octubre 2021 – marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Estimación de la calidad de agua del río Quingeo, Cuenca, Azuay, mediante análisis de bioindicadores en el periodo 2021-2022.”

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

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

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

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

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de marzo del 2022.



Julio Cesar Garcia Campoverde

EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO QUINGEO, CUENCA, AZUAY, MEDIANTE ANÁLISIS DE BIOINDICADORES EN EL PERIODO 2021-2022.”, de Garcia Campoverde Julio Cesar, de la carrera de Ingeniería De Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 23 de marzo del 2022



Ing. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Docente Tutora

C.C. 1758739062

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, el postulante Garcia Campoverde Julio Cesar con el título de Proyecto de Investigación: **“ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO QUINGEO, CUENCA, AZUAY, MEDIANTE ANÁLISIS DE BIOINDICADORES EN EL PERIODO 2021-2022.”**, ha 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, 23 de marzo del 2022



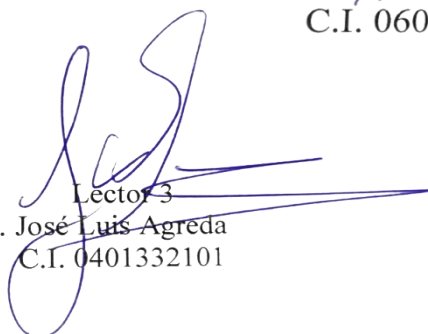
Lector 1 (Presidente)

Ph. D. Ellana Amparito Boada Cahuenas
C.I. 1719312892



Lector 2

Ph. D. Mercy Lucifa Ilbay Yupa
C.I. 0604147900



Lector 3

Mg. José Luis Agreda
C.I. 0401332101

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme salud para cumplir esta meta planteada y muy anhelada, A mi familia, por su apoyo y motivación para continuar mi desarrollo profesional. Por sus palabras de aliento y por desearme siempre lo mejor.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de crecer y formarme como profesional. A mi Tutora MSc. Joseline Ruiz, por su apoyo, guía y orientación en el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A mis profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena en mi formación.

DEDICATORIA

Dedico con mucho amor y orgullo a mi mamá Carmen, como muestra de mi más profundo amor y respeto, por haberme dado la vida. A mis hermanas Claudia y Jhoana, a mi madrina Alexandra por ser el pilar fundamental de cada uno de mis logros, por su apoyo incondicional, valores, consejos y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien. A mi novia Lidia por su apoyo para seguir adelante y no rendirme en nuestro deseo de superación y anhelo de triunfo en la vida.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: “ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO QUINGEO, CUENCA, AZUAY, MEDIANTE ANÁLISIS DE BIOINDICADORES EN EL PERIODO 2020-2021”.

AUTOR: Julio Cesar Garcia Campoverde

RESUMEN

Los ríos son una de las principales reservas de agua para los seres vivos, además son el hábitat de organismos acuáticos, sin embargo, su calidad se encuentra amenazada por actividades antropogénicas. En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad del agua del río Quingeo de la ciudad de Cuenca en la provincia del Azuay, a través del análisis de bioindicadores (macroinvertebrados) y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para ello, se realizó 4 muestreos en cuatro puntos (P01 Pillachiquir, P02 Caspicorral, P03 Macas, P04 Quingeo centro) en los meses de noviembre a enero, con ayuda de la red de patada se recolectó un total de 5859 especies distribuidas en 21 familias y posteriormente se determinó los índices de calidad EPT, BMWP/COL, ABI Y Shannon – Weaver. Adicionalmente, se analizó y se comparó los siguientes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos: pH, oxígeno disuelto, temperatura del agua, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, coliformes totales, coliformes fecales, DBO₅, DQO, nitratos y turbiedad, con el Acuerdo Ministerial 097 A, anexo TULSMA libro VI, Anexo I; Tabla 3. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y tabla 5. Criterios de calidad de aguas para uso pecuario. Se evidenció que las plantas de tratamiento de agua residual de la parroquia Quingeo se encuentran operativas, pero no funcionales, lo cual representa un problema significativo para la zona, Por lo que este proyecto de investigación propone diagnosticar la calidad del agua mediante los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y comparar los resultados obtenidos de bioindicadores con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos de la investigación demuestran en los cuatro puntos para el índice EPT una calidad de agua mala y para el índice ABI una calidad de agua regular, el índice biológico BMWP/Col indicó una calidad de agua aceptable en el punto P01 mientras que, en los demás puntos se presenta una calidad de agua dudosa y el índice Shannon – Weaver reveló valores de: 1.49 en Pillachiquir, 0.93 en Caspicorral, 1.3 en Macas y 1.14 en Quingeo centro demostrando en los cuatro puntos una diversidad baja. En el caso del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se determinó que la calidad de agua de la microcuenca es apta únicamente para riego agrícola y uso pecuario según el Acuerdo Ministerial 097 A. Por otro lado, se recomienda que la población fomente el correcto funcionamiento de las plantas de tratamiento al respectivo departamento encargado del saneamiento con el fin de mejorar la calidad de vida y minimizar la contaminación causada por las descargas al río.

Palabras clave: macroinvertebrados.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES SCHOOL

THEME: “ESTIMATING THE WATER QUALITY OF THE QUINGEO RIVER, CUENCA, AZUAY, THROUGH ANALYSIS OF BIOINDICATORS IN THE 2020-2021 PERIOD.”

Author: Julio Cesar Garcia Campoverde

ABSTRACT

Rivers are one of the principal water reserves for living beings, and they are also the habitat of aquatic organisms; however, their quality is threatened by anthropogenic activities. In this sense, this research aims to evaluate the water quality of the Quingeo river Cuenca city in Azuay province through the analysis of bioindicators (macroinvertebrates) and physicochemical, microbiological parameters. So, four samplings were carried out in four points (P01 Pillachiquir, P02 Capicorral, P03 Macas, P04 Quingeo center) from November to January using the landing net, a total of 5859 species distributed in 21 families were collected, and subsequently, the quality indices EPT, BMWP/COL, ABI and Shannon - Weaver were determined. Additionally, the following physicochemical and microbiological parameters were analyzed and compared: pH, dissolved oxygen, water temperature, total dissolved solids, electrical conductivity, total coliforms, fecal coliforms, BOD5, COD, nitrates, and turbidity, according to the Ministerial Agreement 097 A, annex TULSMA Book VI, Annex I; Table 3. Water quality criteria for agricultural irrigation and table 5. Water quality criteria for livestock use. It was evidenced that the Quingeo parish wastewater treatment plants are operational but not functional, which represents a significant problem for the area. Therefore, this research project proposes diagnosing water quality through physicochemical and microbiological analyses and comparing the results obtained from bioindicators with physicochemical and microbiological analyses. The results show a poor water quality for the EPT index and regular water quality for the ABI index; the BMWP/Col biological index indicated an acceptable water quality at point P01 while, in the other points, there is questionable water quality, and the Shannon-Weaver index revealed values of: 1.49 in Pillachiquir, 0.93 in Capicorral, 1.3 in Macas and 1.14 in Quingeo center, showing low diversity in the four points. In the case of the analysis of the physicochemical and microbiological parameters, it was determined that the water quality of the micro-basin is suitable only for agricultural irrigation and livestock use according to Ministerial Agreement 097 A. On the other hand, it is recommended that the population promote the proper functioning of the treatment plants to the respective department in charge of sanitation to improve the quality of life and minimize the pollution caused by discharges into the river.

Keywords: macroinvertebrates.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS	5
5.1 Objetivo General	5
5.2 Objetivos Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1 Agua	7
7.2 Composición del agua.....	7
7.3 Ciclo hidrológico.....	7
7.4 Agua superficial	8
7.5 Agua subterránea.....	8
7.6 Agua de lago	8
7.7 Agua de Río	9
7.8 Fuentes de contaminación	9

7.9	Calidad de Agua	9
7.10	Bioindicadores de calidad de Agua.....	10
7.11	Macroinvertebrados	10
7.12	Macroinvertebrados como bioindicadores.....	12
7.13	Índice de calidad de Agua	12
7.14	Índice EPT	12
7.15	Índice BMWP/COL.....	14
7.16	Índice ABI.....	15
7.17	Índice SHANNON –WEAVER.....	18
7.18	Parámetros de calidad de Agua.....	18
7.18.1	Parámetros fisicoquímicos	19
7.18.2	Turbiedad.....	19
7.18.3	Conductividad eléctrica	19
7.18.4	Temperatura	19
7.18.5	Parámetros químicos.....	19
7.18.6	Potencial de hidrógeno.....	20
7.18.7	Oxígeno Disuelto.....	20
7.18.8	Nitratos	20
7.18.9	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	20
7.18.10	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	21
7.18.11	Sólidos Disueltos.....	21
7.18.12	Parámetros microbiológicos	21
7.18.13	Coliformes totales.....	21
7.18.14	Coliformes Fecales	21
8.	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	22
9.	METODOLOGÍAS/DISEÑO NO EXPERIMENTAL	22
9.1.	Técnicas de investigación	22

9.1.1.	Investigación descriptiva.....	22
9.1.2.	Investigación exploratoria.....	23
9.2.	Métodos.....	23
9.2.1.	Método Inductivo.....	23
9.2.2.	Método Deductivo.....	23
9.3.	Técnicas.....	23
9.3.1.	Técnica de observación.....	24
9.3.2.	Técnica de revisión bibliográfica.....	24
9.3.3.	Área de estudio.....	24
9.4	Selección de puntos de muestreo.....	26
9.5	Recolección y muestreo de macroinvertebrados.....	29
9.6	Identificación de macroinvertebrados.....	30
9.6.1	Materiales y equipo para la recolección, identificación y etiquetado de las muestras 30	
9.6.2	Procedimiento para recolección de macroinvertebrados.....	31
9.7	Recolección de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico ...	31
9.7.1	Procedimiento para recolección de muestras de agua.....	32
9.8	Cálculo del índice BMWP/Col.....	33
9.9	Cálculo del índice ABI.....	34
9.10	Cálculo del índice EPT.....	34
9.11	Cálculo del índice de biodiversidad SHANNON-WEAVER.....	34
9.12	Triangulación de resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los índices biológicos.....	35
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	35
10.1	Índices para calidad de agua por medio de macroinvertebrados.....	35
10.1.1.	Calidad de agua del río Quingeo en el mes de noviembre.....	35
10.1.2.	Calidad de agua del río Quingeo en el mes de diciembre.....	37
10.1.3.	Calidad de agua del río Quingeo en el mes de enero.....	39

10.2	Representatividad temporal de macroinvertebrados.....	41
10.3	Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos	41
10.4	Resultado de la triangulación de resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los índices biológicos	49
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES)	54
11.1	Técnicos.....	54
11.2	Sociales.....	54
11.3	Ambientales	54
12.	CONCLUSIONES.....	56
13.	RECOMENDACIONES.....	57
14.	REFERENCIAS.....	58
15.	ANEXOS.....	1
15.1	Anexo A. Resultados de los índices aplicados en el mes de noviembre.	1
15.2	Anexo B. Resultados de los índices aplicados en el mes de diciembre.	2
15.3	Anexo C. Resultados de los índices aplicados en el mes de enero.	3
15.4	Anexo D. Tipo de clima en la Microcuenca del río Quingeo.....	5
15.5	Anexo E. Registro fotográfico.....	5
15.6	Anexo F. Resultado de análisis fisicoquímico y microbiológico de laboratorio.	8
15.7	Anexo G. Aval de Traducción.....	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación.....	3
Tabla 2.	Familias del índice EPT.....	12
Tabla 3.	Cálculo del índice EPT.....	13
Tabla 4.	Rangos de calidad de agua según el índice EPT.....	13
Tabla 5.	Familias del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP).....	14
Tabla 6.	Rangos de calidad de agua según el índice BMWP.....	15
Tabla 7.	Rangos de calidad de agua según el índice ABI.....	15
Tabla 8.	Puntuación para macroinvertebrados acuáticos según el índice ABI.....	16
Tabla 9.	Clasificación de biodiversidad según el índice Shannon –Weaver.....	18
Tabla 10.	Coordenadas geográficas de puntos de muestreo.....	27
Tabla 11.	Materiales y equipo utilizado para muestreo de macroinvertebrados.....	31
Tabla 12.	Matriz de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad de agua.....	33
Tabla 13.	Resultados de la calidad de agua de la Microcuenca en el mes de noviembre.....	35
Tabla 14.	Macroinvertebrados muestreados en el mes de noviembre.....	36
Tabla 15.	Resultados de la calidad de agua de la Microcuenca en el mes de diciembre.....	37
Tabla 16.	Macroinvertebrados muestreados en el mes de diciembre.....	38
Tabla 17.	Resultados de la calidad de agua de la Microcuenca en el mes de enero.....	39
Tabla 18.	Macroinvertebrados muestreados en el mes de enero.....	39
Tabla 19.	Representatividad temporal de macroinvertebrados.....	41
Tabla 20.	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad de agua.....	42
Tabla 21.	Parámetros Físico-Químicos, microbiológicos e Índices biológicos.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macroinvertebrados acuáticos.....	10
Figura 2. Mapa de ubicación de la microcuenca y puntos de muestreo.	25
Figura 3. Ubicación geográfica del curso alto del río Quingeo.	27
Figura 4. Ubicación y descripción de la PTAR en la comunidad de Caspicorral.	28
Figura 5. Ubicación y descripción de la PTAR en la comunidad de Macas.	28
Figura 6. Ubicación y descripción de la PTAR en Quingeo centro.	29
Figura 7. Potencial de Hidrógeno (pH).....	43
Figura 8. Oxígeno disuelto	43
Figura 9. Temperatura del agua.	44
Figura 10. Sólidos disueltos totales.....	45
Figura 11. Conductividad eléctrica	46
Figura 12. Coliformes Fecales	46
Figura 13. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅).....	47
Figura 14. Demanda Química de Oxígeno	47
Figura 15. Nitratos	48
Figura 16. Turbiedad.....	48
Figura 17. Mapa de resultado de calidad de agua según el índice BMWP/Col.	50
Figura 18. Mapa de resultado de calidad de agua según el índice ABI.....	51
Figura 19. Mapa de resultado de calidad de agua según el índice EPT.	52
Figura 20. Graphical abstract.....	53

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Estimación de la calidad de agua del río Quingeo, Cuenca, Azuay, mediante análisis de bioindicadores en el periodo 2020-2021

Lugar de ejecución:

Cantón Cuenca, Parroquia Quingeo, Microcuenca del río Quingeo, provincia del Azuay,

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería en Medio Ambiente.

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Joseline Ruiz. MSc.

Estudiante: Cesar Garcia.

Lectores: Eliana Boada. PhD.

Mercy Ilbay. PhD.

José Luis Agreda. MSc.

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sub-Línea 2 Manejo y conservación del recurso hídrico.

Línea de Vinculación:

Línea 1 Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el desarrollo humano social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación se enfoca en la contaminación del recurso agua siendo uno de los mayores problemas en la **actualidad**. La microcuenca del río Quingeo nace en el cerro Pillachiquir, al pasar por las comunidades el río recibe aportes hídricos de las plantas de tratamiento de agua residual debido que se encuentran cerca de la orilla. Además de la contaminación generada por la ganadería que es la principal actividad que realiza la población de la microcuenca (Quichimbo & Abad, 2019).

Actualmente no se encuentran estudios de calidad de agua en la microcuenca. En el plan de ordenamiento territorial de la parroquia solo se cuenta con datos de pH y conductividad, los cuales faltan para diagnosticar la calidad del agua, por lo que se realizó este relevamiento comenzando con visitas presenciales para determinar la descarga de agua de las plantas de tratamiento de aguas residuales, conjuntamente con la revisión bibliográfica de acuerdo al tema de investigación (Quichimbo & Abad, 2019).

El proyecto investigativo y los resultados obtenidos serán importantes y beneficiarán a la población de la microcuenca del río Quingeo donde se encuentran las plantas de tratamiento de agua residual, estos resultados se utilizarán para emitir una conclusión sobre la calidad de agua actual del río Quingeo, a su vez servirán como fundamento y referencia para posteriores estudios dentro de la microcuenca.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los principales beneficiarios del proyecto de investigación son los pobladores de las comunidades que se encuentran afectadas por la contaminación al recurso hídrico dentro de la microcuenca del río Quingeo, los gobiernos parroquiales de Quingeo, Santa Ana pertenecen a los beneficiarios indirectos.

Tabla 1.

Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación.

Directos	Hombres	Mujeres	Indirectos	Hombres	Mujeres
Pobladores de la Microcuenca del río Quingeo	3421	4029	Gobierno Parroquial Quingeo	6	3
			Gobierno parroquial Santa Ana	2472	2894
TOTAL	7450			5375	

Fuente: Adaptado de (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Quingeo 2019 -2023).

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La parroquia Quingeo cuenta con tres plantas de tratamiento de agua residual ubicadas en la comunidad de Caspicorral para la ciudadela de los damnificados. Macas centro y Quingeo centro para la población aledaña, estas plantas de tratamiento de tipo fosa séptica y filtro biológico se encuentran actualmente colapsadas debido a que superaron su capacidad de carga y no han recibido mantenimiento. Con base en las observaciones del sitio, los problemas ambientales en la microcuenca indicaron que las plantas de tratamiento no cumplen con sus objetivos, y las aguas residuales se descargaron directamente en el lecho del río Quingeo.

La empresa pública ETAPA de la ciudad de Cuenca es la institución responsable del desarrollo cantonal, brindando entre otros servicios la dotación de: internet, telefonía, agua potable, alcantarillado y saneamiento. Al momento la parroquia Quingeo no cuenta en su totalidad con alcantarillado sanitario y pluvial.

Sin embargo, siendo un componente fundamental el manejo de aguas residuales, la empresa pública ETAPA no se ha preocupado de impulsar acciones correctivas al problema mencionado, que permitan mejorar la calidad de vida de la población, por ello he considerado conveniente la realización del presente estudio. El proyecto correspondiente se ubica en la zona rural del Cantón Cuenca dentro de la provincia del Azuay la cual representa una de las provincias con mayor cantidad de recursos del país (Quichimbo & Abad, 2019).

Según el plan de ordenamiento territorial el 3% de hogares de la parroquia cuenta con el servicio de alcantarillado, como alternativa el 39.41% de los habitantes han decidido adaptarse a esta necesidad construyendo pozos sépticos y un 43,49%, no cuenta con ningún sistema siendo el porcentaje más alto (Quichimbo & Abad, 2019).

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua del río Quingeo de la ciudad de Cuenca a través del análisis de bioindicadores (macroinvertebrados), parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la presencia de macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua con los índices EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON –WEAVER en la zona de estudio.
- Diagnosticar la calidad del agua mediante los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.
- Comparar los resultados obtenidos de bioindicadores con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

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

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
<ul style="list-style-type: none"> - Determinar la presencia de macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua con los índices EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON - WEAVER en la zona de estudio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar los cuatro puntos de estudio para su posterior muestreo. - Extraer, identificar y cuantificar las especies de macroinvertebrados, para realizar los cálculos correspondientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observar e identificar las zonas de fácil acceso para el monitoreo y muestreo de acuerdo a las PTARs. - Red de patada que consiste en atrapar macro invertebrados, removiendo el fondo del río. - Recopilación de información sobre la caracterización de macroinvertebrados, claves taxonómicas para la identificación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Georreferencia ción de los puntos. P01 Pillachiquir, P02 Caspicorral, P03 Macas Centro, P04 Quíngeo Centro. - Identificación en Clase, orden, familia y género de macroinvertebrados acuáticos.
<ul style="list-style-type: none"> - Diagnosticar la calidad del agua mediante los análisis fisicoquímicos y microbiológicos . 	<ul style="list-style-type: none"> - Recolectar y trasladar las muestras de agua de los puntos de estudio al laboratorio para su respectivo análisis de DBO, DQO, Coliformes totales, Coliformes fecales, Nitrato y Turbidez. 	<ul style="list-style-type: none"> - En la recolección de muestras se utiliza la normativa para: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras NTE INEN 2169:98 y para: calidad del agua, muestreo, y técnicas de muestreo NTE INEN 2176:98 	<ul style="list-style-type: none"> - Valor de cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a analizar.
<ul style="list-style-type: none"> - Comparar los resultados obtenidos de bioindicadores con los análisis fisicoquímicos y microbiológicos . 	<ul style="list-style-type: none"> - Contrastar los valores obtenidos de los análisis con la normativa ambiental, Acuerdo 097 - A, Libro VI Anexo I "Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua" TULSMA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comparación de valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de laboratorio con la normativa ambiental. - Cálculo de los índices utilizando tablas de 	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación de la calidad de agua de la microcuenca del río Quíngeo

-
- Realizar los cálculos de los índices de EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON – WEAVER
-

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Agua

El agua es un elemento integrante de los ecosistemas naturales, esencial para el mantenimiento y reproducción de la vida en el planeta, ya que es un factor primordial en el progreso de los procesos biológicos, además, favorece a la estabilidad del entorno, de los seres vivos y organismos que en él habitan, así convirtiéndose en un factor indispensable para la conservación de la vida animal y vegetal (Paredes, 2013).

Por otro lado, como menciona Brini *et al.*, (2017), el agua es un recurso con propiedades únicas que son necesarias para la vida, es decir es un material flexible, un solvente especial, ideal para procesos metabólicos, tiene una alta capacidad calorífica e incluso se expande cuando se congela. La capacidad de simular paisajes e influir en el clima a través de sus movimientos, se encuentra dispersa en el planeta de la siguiente manera: el 97.5% del agua está en los océanos, un 2.5% es agua dulce, el 80% de agua dulce se distribuye en glaciares, nieve y hielo. El 19% es agua subterránea y de manera accesible existe el 1% en la superficie terrestre de este porcentaje el 52% hay en lagos y el 38% en humedales (Fernández, 2012).

7.2 Composición del agua

La composición química por cada molécula de agua contiene únicamente dos elementos: un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno (H_2O) enlazados covalentemente muy fuertes que hacen que la molécula sea estable, esta tiene distintas características: físicas, químicas y microbiológicas dependiendo del lugar que se encuentre el recurso (Carbajal & González, 2012).

7.3 Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico del agua es definido según Koutsoyiannis (2020) como el proceso repetido de circulación del agua en sus diferentes estados, suceso que se da bajo la influencia de distintos procesos físicos como la radiación solar, la acción de la gravedad y conjuntamente con la dinámica de la atmósfera, litosfera y biosfera. En el mismo orden de ideas, Yang *et al.*, (2021) comenta que la evaporación del agua sucede desde los océanos hacia la atmósfera en porciones

grandes y en partes más pequeñas del continente, este vapor es transportado a grandes distancias por los vientos hasta que se encuentran las condiciones óptimas de condensación, repitiéndose así un nuevo ciclo hidrológico en el tiempo.

Al respecto, García *et al.* (2001) menciona que: “Al concluir un ciclo completo, retorna directamente al mar el 78% como precipitación y del 22% restante, precipitado en el continente, el 8% llega al mar por escorrentía superficial y subterránea” (p. 117).

7.4 Agua superficial

Según la investigación de Miranda *et al.*, (2016) el agua superficial es toda agua que se encuentra quieta o corriente que fluye por la superficie de la tierra, proviene de precipitaciones que no se infiltran en el suelo y se diferencian dos tipos que son: aguas lóaticas o corrientes son aquellas masas de agua dirigidas en una misma dirección como: ríos, riachuelos y aguas lénticas conocidas como aguas estancadas, por ejemplo: lagos, lagunas, humedales y pantanos. Asimismo, son de fácil contaminación debido a productos orgánicos e inorgánicos procedentes de fuentes puntuales de contaminación como: áreas de ganadería, agrícolas, industriales y filtraciones de vertederos (Briongos, 2021).

7.5 Agua subterránea

Se conoce como agua subterránea a la parte que se encuentra bajo la superficie terrestre, este fluye hacia niveles más bajos que los de infiltración y puede fluir a la superficie a través de manantiales o filtraciones que sirven como caudal base para el nacimiento de ríos, devolviendo el agua a los mares o a cuencas cerradas donde se evapora (Ndoye *et al.*, 2018). Este tipo de fluyentes subterráneos representan una fracción importante para los continentes y se almacena en acuíferos, por ello se convierte en un recurso importante de difícil gestión debido a la sensibilidad por contaminación y la sobreexplotación (Ordóñez, 2012).

7.6 Agua de lago

Según Pérez (2015) y Álvarez *et al.*, (2016) los lagos son grandes masas de agua dulce que se acumulan en las depresiones de los terrenos cerca de áreas montañosas o valles, caracterizados por el escaso o nulo movimiento del agua y su origen está relacionado con glaciaciones. Estos cuerpos de agua son de forma natural, nutriéndose de la acción de las corrientes de agua, de las escorrentías de las precipitaciones y, en algunos casos, de la infiltración a través de las aguas subterráneas. El agua de los lagos sigue siendo afectada por procesos de infiltración y evaporación, pero también se utiliza para actividades humanas.

7.7 Agua de Río

Un concepto acertado sobre este tipo de agua lo presenta Effendi (2016) quien menciona, que un río, es un flujo de agua corriente en un lecho natural alimentado por una fuente con un caudal suficiente durante el mayor tiempo posible. Este se encuentra influenciado por las condiciones hidrológicas y geológicas locales. Este es considerado como un ejemplo de agua superficial de corriente natural que fluye por un lecho desde un punto elevado a otro más bajo, es fuente importante de suministro de agua para uso agrícola y doméstico, últimamente son afectados por efectos negativos de la contaminación, en su mayoría se descargan al mar o a un lago y otros desaparecen debido a la filtración y evaporación (Baquerizo *et al.*, 2019). Al respecto, Elosegui & Sabater (2009) comentaron que la hidrología de los ríos está determinada por el flujo circulante y los cambios con el tiempo y el espacio, que ocurren temporalmente durante o después de las tormentas. Porque la oferta de agua es mayor que la capacidad de evacuación del río.

7.8 Fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación al agua son de dos tipos: fuente puntual, se relacionan con actividades en tierra y el vertimiento de desechos directamente al cuerpo de agua receptor y su punto de descarga se distingue fácilmente, en cambio, las fuentes no puntuales o también conocidas como fuentes difusas se generan por actividades humanas y los contaminantes no tienen un punto visible de entrada al cuerpo receptor (Escobar, 2002).

Entre los principales contaminantes se encuentran los desechos de plantas industriales, desechos municipales, sitios de extracción, explotación y construcción. Por lo general los contaminantes presentes son metales pesados, compuestos orgánicos específicos, también microorganismos patógenos, aceites y grasas. Además de materia orgánica proveniente de procesadoras de alimentos y sedimentos originarios de actividad minera (Pabón *et al.*, 2020).

7.9 Calidad de Agua

La calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado (Omer, 2019). Por ende, Villela (2018) señala que: “la calidad

del agua, la salud y el crecimiento económico se refuerzan mutuamente y son fundamentales para lograr el bienestar humano y el desarrollo sostenible” (p.304).

En cambio, García *et al.* (2001) nos dice que la calidad del agua está determinada por su composición química y las propiedades físicas y biológicas que posee a través de procesos naturales y artificiales. Están involucrados en el contacto y la disolución de minerales además de actuar como un solvente universal. En la misma línea, Fernández (2012) menciona que el deterioro de la calidad del agua es un problema importante que va en aumento y es considerado como uno de los principales problemas ambientales.

Las causas principales de contaminación son la descarga incontrolada de aguas residuales industriales, municipales sin tratar y las malas prácticas agrícolas (Urbina & Solano, 2020). Los principales impactos causados por el agua contaminada al medio ambiente son: contaminación microbiana, transmisión de enfermedades a través del agua; pérdida de ecosistemas acuáticos (González *et al.*, 2014).

7.10 Bioindicadores de calidad de Agua

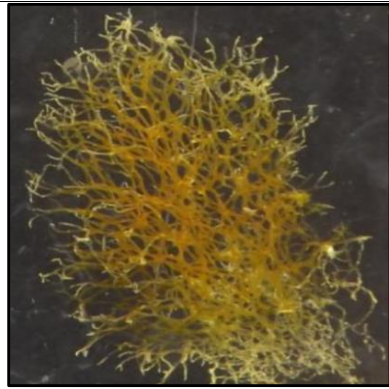
Un bioindicador según Roldán & Ramírez (2008) considera que: “un organismo es buen indicador de calidad de agua, cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es superior al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat” (p.340).

7.11 Macroinvertebrados

Para Roldán & Ramírez (2008), los macroinvertebrados son organismos que se pueden observar a simple vista debido a que su tamaño es superior a 0.5 mm, dentro de esta categoría están los poríferos, los hidozoos, los turbelarios, los oligoquetos, los hirudíneos, los insectos, los arácnidos, los crustáceos, los gastrópodos y los bivalvos.

Figura 1.

Macroinvertebrados acuáticos.



Poríferos



Hidrozoos



Turbelarios



Oligoquetos



Hirudíneos



Insectos



Arácnidos



Crustáceos



Gastrópodos



Bivalvos

Fuente: (Andino *et al.*, 2017)

7.12 Macroinvertebrados como bioindicadores

Estos macroinvertebrados actualmente se considera el mejor regulador biológico de la calidad del agua, esto se debe a su tamaño, amplia distribución y adaptación a diferentes variables físicas y biológicas (Roldán, 2016). Actualmente, el concepto de calidad del agua ha cambiado de un enfoque fisicoquímico a otro el cual integra a todos los componentes del ecosistema (Ortiz, 2005).

7.13 Índice de calidad de Agua

Según la investigación de Valdés *et al.*, (2011) para la valoración y evaluación de la calidad del agua, se pueden emplear diferentes metodologías como: comparación de las variables con la normatividad vigente; los indicadores ICA que a partir de variables medidas el resultado es un valor que califica y cualifica la fuente, y aplica metodologías más complejas como la modelación.

7.14 Índice EPT

Según Machado *et al.*, (2018) y Carrera *et al.*, (2001), el índice EPT se usa para evidenciar la buena calidad del agua, el análisis de este se realiza mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que actúan como indicadores de calidad de agua ya que son más débiles a los contaminantes. Los grupos EPT son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera.

Tabla 2.

Familias del índice EPT

FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS EPT	
Orden	Familia
Ephemeroptera	<i>Baetidae, Caenidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Heptageniidae, Isonychiidae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Polymitarcyidae, Ephemerellidae, Siphonuridae, Behningiidae, Potamanthidae, Palingeniidae</i>
Plecoptera	<i>Perlidae, Eustheniidae, Nemouridae, Capniidae, Leuctridae, Taeniopterygidae, Chloroperlidae, Perlodidae, Peltoperlidae, Pteronarcyidae</i>

Trichoptera	<i>Ecnomidae,</i>	<i>Dipseudopsidae,</i>	<i>Hidropsychidae,</i>
	<i>Polycentropodidae,</i>	<i>Psychomyiidae,</i>	<i>Xiphocentronidae,</i>
	<i>Hydroptilidae,</i>	<i>Glossosomatidae,</i>	<i>Hydroptilidae,</i>
	<i>Leptoceridae,</i>	<i>Limnephilidae,</i>	<i>Lepidostomatidae,</i>
	<i>Philopotamidae,</i>	<i>Hydrobiosidae,</i>	<i>Rhyacophilidae,</i>
	<i>Helicopsychidae,</i>	<i>Anamalopsychidae,</i>	<i>Calamoceratidae,</i>
	<i>Odontoceridae</i>		

Fuente: adaptado de (Terneus *et al.*, 2003)

Para la aplicación de índice EPT es necesario identificar la familia y el orden al que pertenece cada especie, se calcula dividiendo el número del total de EPT presentes para el número total de individuos el resultado final se multiplica por 100, los valores más altos determinan que el agua se encuentra limpia y bien oxigenada (Cárdenas *et al.*, 2018).

Tabla 3.
Cálculo del índice EPT

Clasificación	Abundancia	EPT presentes
	(Número de individuos)	
Ephemeroptera	-	-
Plecoptera	-	-
Trichoptera	-	-
Otra especie	-	-
Otra especie	-	-
Total	-	-
EPT Total / Abundancia	EPT Presente / Abundancia = EPT	
Total %	EPT * 100% =	Resultado %

Fuente: adaptado de (Terneus *et al.*, 2003)

El resultado obtenido en porcentaje del índice EPT se compara con la tabla 4 propuesta para determinar la categoría de la calidad del agua.

Tabla 4.
Rangos de calidad de agua según el índice EPT.

Porcentaje EPT	Calidad del agua
75 – 100 %	Muy buena

50 – 74 %	Buena
25 – 49 %	Regular
0 – 24 %	Mala

Fuente: adaptado de (Terneus *et al.*, 2003)

7.15 Índice BMWP/COL

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) es un método simple y rápido que evalúa la calidad del agua utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, este requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos (Paisley *et al.*, 2014). Según Roldán & Ramírez (2008) el puntaje de acuerdo al nivel de tolerancia a la contaminación orgánica de las diferentes familias va de 1 a 10, es decir, los grupos más sensibles como: *Perlidae* y *Oligoneuriidae* reciben un puntaje de 10; mientras que las más tolerantes a la contaminación como: *Tubificidae*, recibe una puntuación de 1. La suma de los puntajes de todas las familias da el puntaje total BMWP convirtiéndolo en un índice valioso para la evaluación del sitio (Arslan *et al.*, 2016).

Tabla 5.

Familias del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
<i>Anamalopsychidae, Atriplectididae, Perlidae, Oligoneuriidae, 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, Polymitarciidae, 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, Limnychidae, 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
<i>Oligochaeta, Turbificidae</i>	1

Fuente: adaptado de (Roldán, 1999)

Tabla 6.

Rangos de calidad de agua según 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	Evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy Contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: adaptado de (Sánchez, 2005)

7.16 Índice ABI

En base a Acosta *et al.*, (2009) afirma que:

El Índice Biológico Andino permite clasificar la calidad ecológica de un sistema, apoyado en el índice original BMWP, y se aplica a ríos altoandinos superiores a los 2000 m.s.n.m. En el ABI se incluye un menor número de familias de macroinvertebrados ya que la altitud restringe la distribución y el nivel de tolerancia al disturbio ambiental difiere de otras regiones del mundo. (p.36)

Tabla 7.

Rangos de calidad de agua según el índice ABI

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

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

Tabla 8.

Puntuación para macroinvertebrados acuáticos según el índice ABI.

Orden	Familia	Puntuación	Orden	Familia	Puntuación
Tricladida	<i>Planariidae</i>	5	Lepidóptera	<i>Pyralidae</i>	4
Hirudinea	-	3	Coleóptera	<i>Ptilodactilidae</i>	5

Oligochaeta	-	1		<i>Lampyridae</i>	5
Bivalvia	<i>Sphaeriidae</i>	3		<i>Psephenidae</i>	5
Amphipoda	<i>Hyaellidae</i>	6		<i>Scirtidae</i>	5
Ostracoda	-	3		<i>Staphylinidae</i>	3
Hydracarina	-	4		<i>Elmidae</i>	5
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	4		<i>Dryopidae</i>	5
	<i>Leptophlebiidae</i>	10		<i>Gyrinidae</i>	3
	<i>Leptohyphidae</i>	7		<i>Dytiscidae</i>	3
	<i>Oligoneuridae</i>	10		<i>Hydrophilidae</i>	3
Odonata	<i>Aeshnidae</i>	6		<i>Hydraenidae</i>	5
	<i>Gomphidae</i>	8	Díptera	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Libellulidae</i>	6		<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Coenagrionidae</i>	6		<i>Tabanidae</i>	4
	<i>Calopterygidae</i>	8		<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Polythoridae</i>	10		<i>Limoniidae</i>	4
Heteróptera	<i>Veliidae</i>	5		<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Gerridae</i>	5		<i>Dixidae</i>	4
	<i>Corixidae</i>	5		<i>Psychopodidae</i>	3
	<i>Notonectidae</i>	5		<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Belostomatidae</i>	4		<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Naucoridae</i>	5		<i>Empididae</i>	4
Trichoptera	<i>Helicopsychidae</i>	10		<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Calamoceratidae</i>	10		<i>Culicidae</i>	2
	<i>Odontoceridae</i>	10		<i>Muscidae</i>	2
	<i>Leptoceridae</i>	8		<i>Ephydriidae</i>	2
	<i>Polycentropodidae</i>	8		<i>Athericidae</i>	10
	<i>e</i>			<i>Syrphidae</i>	1
	<i>Hydroptilidae</i>	6			
	<i>Xiphocentronidae</i>	8	Gastropoda	<i>Ancylidae</i>	6
	<i>Hydrobiosidae</i>	8		<i>Physidae</i>	3

<i>Glossosomatidae</i>	7		<i>hydrobiidae</i>	3
<i>Hydropsychidae</i>	5		<i>lymnaeidae</i>	3
<i>Anomalopsychida</i> <i>e</i>	10		<i>Planorbidae</i>	3
<i>Philopotamidae</i>	8	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	10
<i>Limnephilidae</i>	7		<i>Gripopterygidae</i>	10

Fuente: adaptado de (Encalada, Andrea., *et al.* 2011).

7.17 Índice SHANNON –WEAVER

Este indicador se utiliza para cuantificar una biodiversidad específica, se representa con la letra "H", su valor varía entre números positivos, normalmente entre 2, 3 y 4. Este indicador es uno de los más conocidos para medir la biodiversidad (Salmerón López *et al.*, 2017). En la misma línea, el número de especies en una muestra y el número relativo de individuos en una especie dada, el índice representa la riqueza y la abundancia de las especies (Gelambi, 2018). Para el cálculo del índice se emplea la siguiente fórmula:

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

Dónde:

s= número de especies (riqueza de especies)

Pi= proporción de individuos de las especies i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i), ni/N

ni = número de individuos de las especies i

N= número de todos los individuos de todas las especies

Tabla 9.

Clasificación de biodiversidad según el índice Shannon –Weaver.

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

Fuente: (Gelambi, 2018)

7.18 Parámetros de calidad de Agua

La calidad de agua se define en base a distintos criterios como: físicos, químicos y microbiológicos, que toman en cuenta la dinámica de los procesos y elementos que los afectan, como también la capacidad que tiene el recurso de resistencia a la presión y poder de autodepuración (Biswas & Tortajada, 2019). Los parámetros de calidad del recurso están determinados por la forma de disposición final dependiendo si el recurso está destinado al consumo humano, riego, industria, ganadería, recreación, vida acuática (Ministerio de desarrollo productivo, 2017).

7.18.1 Parámetros fisicoquímicos

Son ciertas características del agua que se consideran físicas porque son perceptibles por los sentidos vista, olfato o gusto, inciden de manera directa a las condiciones de aceptabilidad del agua y a sus condiciones estéticas (Pradillo, 2016).

7.18.2 Turbiedad

La turbiedad se origina por partículas o coloides, por su gran tamaño, quedan suspendidas, reduciendo más o menos la claridad del agua, afectando la calidad estética del agua y por cuanto disminuyendo su consumo (Martínez *et al.*, 2020). Las partículas causantes de la turbidez reducen la acción de los agentes químicos como el cloro necesario para su desinfección (Baños, 2018).

7.18.3 Conductividad eléctrica

Según las investigaciones de Rusydi (2018) y Hach (2021). La conductividad se da por medio de las sales disueltas en el agua que se descomponen en iones cargados positivamente y negativamente definiéndose como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos, esta varía en función de la fuente de agua como: agua subterránea, agua de escorrentía de la agricultura, aguas residuales municipales y precipitación.

7.18.4 Temperatura

La temperatura influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación sedimentación y filtración a más de la absorción de oxígeno. La temperatura puede variar de acuerdo a los factores ambientales (Pradillo, 2016).

7.18.5 Parámetros químicos

Los parámetros químicos son un requisito para la caracterización del agua. Las sustancias químicas generan inquietud sobre la calidad del recurso debido a que puede contener

propiedades tóxicas acumulativas como los metales pesados y sustancias que alteran la salud (Orbón, 2000).

7.18.6 Potencial de hidrógeno

El potencial de hidrógeno es responsable de algunos fenómenos que ocurren en el agua, no tiene efectos directos sobre la salud, pero influye en los tratamientos de agua dificultando su coagulación y desinfección, el pH en aguas naturales no contaminadas se encuentre en un rango entre 6 a 9 (Pradillo, 2016).

7.18.7 Oxígeno Disuelto

Según Muñoz *et al.*, (2015), el oxígeno disuelto es necesario para la vida acuática desde peces y otros organismos. Es moderadamente soluble en agua dependiendo de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica. La solubilidad disminuye cuando aumenta la temperatura, la salinidad y disminuye la presión atmosférica (Peña, 2007).

7.18.8 Nitratos

Los nitratos son un indicador importante de calidad de agua natural debido a que su presencia perturbando el proceso biológico ocasionando eutrofización y alterando el DQO y DBO₅. Los niveles altos de nitrato en el agua son causados por la contaminación de las aguas subterráneas, los desechos animales o la escorrentía de los productos lácteos o del ganado (Bolaños *et al.*, 2017). También debido al uso excesivo de fertilizantes y al ingreso de desechos humanos provenientes de fosas sépticas, causando eutrofización por alta concentración de nutrientes en el agua con efectos de anoxia en poblaciones acuáticas y en la salud humana (García, 2001)

7.18.9 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno que se necesita para descomponer la materia orgánica biodegradable mediante la reacción bioquímica aerobia. Para que se dé la transformación biológica es necesario un plazo de más de 20 días, para un determinado trámite se debe tener en cuenta; Incubar durante 5 días, a 20 °C, en la oscuridad y lejos del aire, a un pH de 7-7.5 y en presencia de nutrientes y oligoelementos que permitan el crecimiento de los microorganismos (Raffo & Ruiz, 2014).

7.18.10 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Los cuerpos reductores presentes en el agua alteran la demanda química debido a que consumen oxígeno sin la intervención de organismos vivos, a esta cantidad de oxígeno consumido se lo define como DQO considerando que cuanto más importante es el agua, más grave es la contaminación, la demanda química de oxígeno determina el contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no (Orbón, 2000).

7.18.11 Sólidos Disueltos

Este índice representa la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y manifiesta una indicación general de la calidad química. El índice se define analíticamente como residuo filtrable total en mg/l (Cruz *et al.*, 2018) Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos y los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio (Orbón, 2000).

7.18.12 Parámetros microbiológicos

El mayor riesgo microbiano del agua se relaciona con la presencia de organismos patógenos que pueden ser bacterias o virus con una posibilidad alta a causar enfermedades por el consumo de agua contaminada con excrementos de humanos o animales, que producen una alteración significativa, pues las actividades que fomentan la contaminación del agua son la ganadería, disposición inadecuada de aguas residuales, desechos orgánicos mal procesados, e incluso dependiendo de la ubicación puede haber otras fuentes y vías de exposición a este tipo de contaminantes (Ríos *et al.*, 2017).

7.18.13 Coliformes totales

Es un indicador bacteriano utilizado frecuentemente para determinar la calidad del agua. Se definen como bacterias Gram negativas, con forma de bastón, no formadoras de esporas, se las puede encontrar dispersas por la naturaleza, pero principalmente en los intestinos y en el excremento de animales, además se encuentran en cantidades menores en el agua, suelo y vegetales que han sido regados con aguas contaminadas, estas pueden fermentar la lactosa con producción de ácido y gas cuando se las incuban a 35–37 °C (Larrea *et al.*, 2013).

7.18.14 Coliformes Fecales

Según Pauta *et al.*, (2020), los coliformes fecales también denominados coliformes termo tolerantes, llamadas así porque soportan temperaturas de hasta 45°C, comprenden un grupo muy reducido de microorganismos los cuales son indicadores de calidad de agua, ya que son de origen fecal. En su mayoría están representados por el microorganismo *Escherichia-coli*.

8. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Existe diferencia entre los resultados obtenidos de los puntos de muestreo tanto de parámetros fisicoquímicos- microbiológicos y los índices biológicos en la evaluación de calidad de agua?

Los datos obtenidos en la microcuenca del río Quingeo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos e índices biológicos discrepan en su totalidad, en los puntos donde aumenta los valores de los parámetros, el número de familias de macroinvertebrados se reduce, es decir existe pocas familias de macroinvertebrados considerados más susceptibles a la contaminación. Cabe recalcar que la presencia o ausencia de macroinvertebrados refleja la variación de las condiciones fisicoquímicas del recurso agua, esto en cuanto a los puntos de Caspicorral, Macas y Quingeo.

Pero los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos conjuntamente con el índice biológico (BMWP/Col) en el punto Pillachiquir concuerdan que existe una calidad de agua aceptable. Por tanto, no existe una coincidencia total entre resultados obtenidos por los índices biológicos y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sobre la calidad del agua de la Microcuenca del río Quingeo, ubicada en una parroquia alejada de la zona industrial, la única fuente directa de contaminación es la contaminación indirecta por las plantas depuradoras y la ganadería, por lo que el agua del río Quingeo solo es apta para riego y agricultura.

9. METODOLOGÍAS/DISEÑO NO EXPERIMENTAL

Para desarrollar este proyecto, fue necesario plantear una metodología de investigación, que dictamine el conjunto de procedimientos técnicas y herramientas necesarias que satisfacen el método científico y que permita el cumplimiento de los objetivos planteados.

9.1. Técnicas de investigación

9.1.1. Investigación descriptiva

Esta investigación percibe y detalla el comportamiento de los individuos sin influir sobre ellos de ninguna manera, se encuentra dirigida al objeto de estudio que constituye parte del problema investigativo y se guía en el método empírico-analítico, ya que parte de la experiencia de un conocimiento teórico y práctico del cual se busca reflexionar o analizar “La recopilación de datos reales acerca del comportamiento de los hechos, fenómenos, objetos y procesos de la naturaleza y de la sociedad” (Cerezal & Fiallo, 2005). Por lo cual esta técnica sirvió para realizar

la descripción de la calidad de agua de acuerdo a los resultados obtenidos de los índices biológicos, y la descripción de procedimientos para toma de muestras y los pasos a seguir para determinar la calidad de agua.

9.1.2. Investigación exploratoria

Según el autor Arias (2012) define; la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos. Esta investigación se desarrolla mediante el uso de técnicas de observación de campo, revisión documental y análisis de laboratorio para la observación e identificación de muestras. Esta técnica ayuda en la triangulación de resultados obtenidos tanto de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relacionados con los índices biológicos.

9.2. Métodos

9.2.1. Método Inductivo

El método inductivo se conoce como experimental y sus pasos son: Observación, Formulación de hipótesis, Verificación, Tesis, Ley y Teoría. La teoría de la falsación funciona con el método inductivo, por lo que las conclusiones inductivas sólo pueden ser absolutas cuando el grupo a que se refieran será pequeño (Dávila, 2006). Este método ayudo en la formulación de la problemática del proyecto de investigación, desarrollo del marco teórico, y recopilación de datos.

9.2.2. Método Deductivo

El método deductivo, se suele decir que se pasa de lo general a lo particular, de forma que partiendo de unos enunciados de carácter universal y utilizando instrumentos científicos, se infieren enunciados particulares, pudiendo ser axiomático-deductivo, cuando las premisas de partida están constituidas por axiomas, es decir, proposiciones no demostrables, o hipotéticos-deductivo, si las premisas iniciales son hipótesis comprobables. La diferencia entre métodos deductivos y deductivos, la contradicción del deductivismo al quehacer filosófico-científico: Un análisis deductivo puede promover una mejor comprensión de los fenómenos, sin embargo, es necesario distinguir entre métodos deductivos y deductivismo (Gómez, 2004). Este método sirvió para la recolección e interpretación de datos y de esta manera poder llegar a emitir una conclusión sobre la calidad de agua.

9.3. Técnicas

9.3.1. Técnica de observación

Por medio de la técnica de observación, se identificó las zonas de fácil acceso para la toma de muestras tanto de macroinvertebrados como de muestras de agua para análisis fisicoquímicos y microbiológicos. En esta investigación se utilizará la técnica llamada Red de Patada, la cual consiste en atrapar macro invertebrados, removiendo el fondo del río. Se llama ‘Red de patada’ porque mientras uno de los miembros de la pareja da ‘patadas’, removiendo el fondo, la otra coloca la red río abajo para atraparlos. Como instrumento de aplicación de la técnica se empleará una red construida con malla plástica o metálica de un metro cuadrado. El ojo de red debe ser de 0,5 a 1 milímetro, atornillado a los lados de la red dos palos de escoba de un metro y medio de largo.

9.3.2. Técnica de revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica es la selección o guía del material bibliográfico que aborda un tema de investigación, Se trata de un análisis documental del próximo trabajo de investigación, resumiendo y comentando las fuentes citadas, los mismos que permite plantear conclusiones acerca de la información recopilada que, en otro momento, puede ayudar a justificar y explicar los intereses de su investigación, mediante esta técnica se recopila información sobre la caracterización de los macroinvertebrados que se encuentren en el lugar de estudio con el fin de realizar una comparación entre los resultados obtenidos y la bibliografía consultada, y de esta manera poder identificarlos de acuerdo a sus características físicas. (Cue *et al.*, 2008)

9.3.3. Área de estudio

La microcuenca del río Quingeo forma parte de la subcuenca del río Jadán perteneciente a la Cuenca Media del río Paute. La distancia del río es de 25.16 km cubriendo un total de 98.56% de la parroquia Quingeo ubicada en el cantón Cuenca, provincia del Azuay y está formada por 28 comunidades distribuidas en 11842.64 ha. Limita al norte con la parroquia Santa Ana, Este con la parroquia Tarqui y Cumbe, Oeste con el cantón Sígsig. El río Quingeo se origina en las faldas de Pillachiquir, donde se encuentran los arroyos Piricocha y Mishquiyacu y continúa fluyendo a través de la comunidad de: Pillachiquir, Caspicorral, Macas, Quingeo centro, Cochapamba Grande, y continua por la parroquia Santa Ana. Del mismo modo, el clima de la parroquia es mesotérmico semi húmedo para el 89.33% del territorio y para las comunidades de: Monjas, Rumipamba, Turupamba y Punta Hacienda el 10.67% de alta montaña, lo anterior mencionado se visualiza en el mapa de tipo de clima de parroquia Quingeo en el Anexo D (Quichimbo & Abad, 2019).

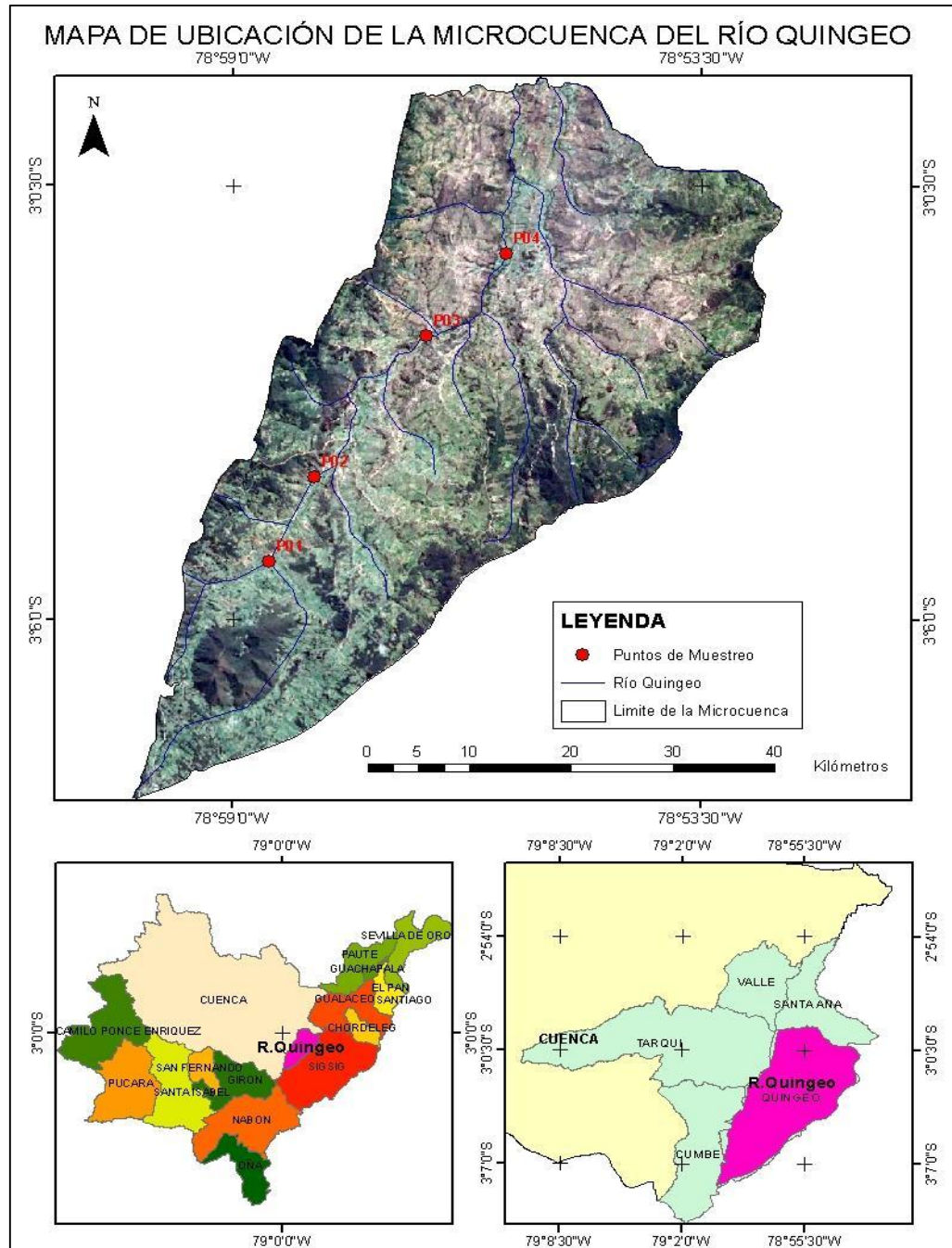
En la microcuenca del río Quingeo las precipitaciones fluctúan entre 200 y 500 mm repartidas entre dos estaciones lluviosas comprendidas entre los meses de febrero – mayo y octubre – noviembre esta estación es aleatoria en cuanto a duración y localización. La temperatura comprende entre los 12°C y 20°C dependiendo la altura y la exposición al sol (Quichimbo & Abad, 2019).

La parroquia no maneja adecuadamente los residuos sólidos y utiliza opciones que no respetan el medio ambiente, el 38% de la población quema residuos, el 5, % tira residuos en baldíos y arroyos, el 3,55% deposita residuos en vertederos y otros medios. excluyendo el 0,55% del sistema de recolección de basura.

La economía de los parroquianos se basa en la agricultura y ganadería, la construcción, el comercio al por mayor y al por menor, y las industrias manufactureras, entre otras (Quichimbo & Abad, 2019).

Figura 2.

Mapa de ubicación de la microcuenca y puntos de muestreo.



Fuente: Autor.

9.4 Selección de puntos de muestreo

Para la determinación de los puntos de monitoreo y toma de muestras se realizó un recorrido lineal a lo largo de la microcuenca del río Quingeo, dónde se identificó zonas puntuales de fácil acceso y se notó actividades antropogénicas cercanas al lugar de estudio. A su vez, se identificó sitios donde no existan riesgos para realizar el monitoreo y descartar lugares del cauce con zonas profundas. Para la selección de los puntos de muestreo se tomó como referencia las

PTARs (plantas de tratamiento de agua residual) de la parroquia, teniendo en cuenta la representatividad del total de características del cuerpo de agua para su posterior análisis fisicoquímico y microbiológico. Y para el muestreo de macroinvertebrados se encontró zonas de fácil acceso con aguas poco profundas.

Tabla 10.

Coordenadas geográficas de puntos de muestreo.

Coordenadas	X	Y	Altitud	Ubicación
P01	724906.56	9658488.14	2816	Pillachiquir
P02	725887.29	9660472.74	2829	Caspicorral
P03	728324.63	9663774.41	2742	Macas Centro
P04	730072.02	9665703.9	2696	Quingeo Centro

Fuente: Autor.

El cauce alto del río Quingeo y el punto de toma de muestras para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se visualizan en la figura 3, la ubicación de los puntos de muestreo y la descripción de las plantas de tratamiento que existen dentro de la microcuenca se visualizan en la figura 4 para la comunidad de Caspicorral, en la figura 5 para la comunidad de Macas y en la figura 6 se visualiza la planta de tratamiento ubicada Quingeo centro. En las figuras 4, 5, 6 se observa que las PTARs se encuentran a pocos metros del cauce del río Quingeo.

Figura 3.

Ubicación geográfica del curso alto del río Quingeo.

P01. Pillachiquir**Georreferencia / Muestreo**

Nombre: Curso alto del Río Quingeo
 Parroquia: Quingeo
 Comunidad: Pillachiquir



Fuente: Autor.

Figura 4.

Ubicación y descripción de la PTAR en la comunidad de Caspicorral.

P02. Caspicorral**Georreferencia / Muestreo**

Nombre de la Planta: CASPICORRAL
 Parroquia: Quingeo
 Comunidad: Caspicorral
 Área Aproximada: 164 m²
 Tipo de Planta: Fosa Séptica + Filtro Anaerobio
 Monoblock
 Área de Cobertura: 5.6 Ha



Fuente: Autor.

Figura 5.

Ubicación y descripción de la PTAR en la comunidad de Macas.

P03. Macas Centro**Georreferencia / Muestreo**

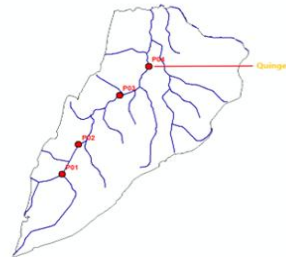
Nombre de la Planta: MACAS DE QUINGEO
 Parroquia: Quingeo
 Comunidad: Macas
 Área Aproximada: 247 m²
 Tipo de Planta: Fosa Séptica + Filtro
 Anaerobio Monoblock
 Área de Cobertura: 11.1 Ha



Fuente: Autor.

Figura 6.

Ubicación y descripción de la PTAR en Quingeo centro.

P04. Quingeo Centro**Georreferencia / Muestreo**

Nombre de la Planta: QUINGEO CENTRO
 Parroquia: Quingeo
 Área Aproximada: 1076 m²
 Tipo de Planta: Fosa Séptica + Filtro
 Anaerobio Monoblock
 Área de Cobertura: 103.6 Ha



Fuente: Autor.

9.5 Recolección y muestreo de macroinvertebrados.

La recolección y muestreo de macroinvertebrados se realizó una vez al mes durante los meses de noviembre a enero 2022. Con la finalidad de no alterar el microhábitat y que éste recupere su condición natural. Carrera y Fierro (2001), en su manual de monitoreo “los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua” señala que en los puntos de muestreo el transecto puede medir de 50m a 100m a lo largo del río. Para la recolección de los macroinvertebrados se utiliza una red plástica de ojo entre 0.5 a 1 mm atornillado a dos palos de escoba de un metro y medio de largo y aplicando la técnica de red de patada como se puede visualizar en el Anexo E.

Al remover el fondo del río en la red se recolectó materiales del microhábitat como: hojarasca, ramas, lodo, piedras, arena, etc. Luego, el material se coloca en un balde de plástico y luego se separa en alícuotas en una bandeja blanca para la limpieza de muestras. Seguidamente con la ayuda de la lupa y la pinza metálica se recolectó las muestras de macroinvertebrados para luego identificar y ubicar en tubos de ensayo debidamente etiquetados, previamente llenos de alcohol al 90% para preservar de mejor manera y por más tiempo las muestras como se observa en el Anexo E.

9.6 Identificación de macroinvertebrados.

Para la identificación de macroinvertebrados se utiliza la lupa, en casos en los que sea difícil identificarlos se utiliza el microscopio y cajas Petri de vidrio para colocar la muestra, con ayuda de distinto material de apoyo como: la guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca (González *et al.*, 2018); la cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos (Andino *et al.*, 2017); el protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos. (Encalada *et al.*, 2011); la guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana, además de claves taxonómicas (Pérez *et al.*, 2016); Se identificó las muestras en base a sus características.

9.6.1 Materiales y equipo para la recolección, identificación y etiquetado de las muestras

A continuación, se describen los materiales y equipos a utilizar para georreferenciar los puntos de muestreo para la recolección de muestras de agua y de macroinvertebrados, su identificación y conservación.

Tabla 11.*Materiales y equipo utilizado para muestreo de macroinvertebrados.*

Materiales de campo		Materiales de laboratorio	Equipos
Bandeja de fondo blanco	Hoja de cálculo para recopilar datos	Claves para la identificación de los macroinvertebrados.	Equipo para análisis físico, químico y microbiológico del agua.
Alcohol al 90%	GPS	Aguja de disección	Microscopio
Hoja de trabajo para recolectar datos.	Marcador permanente	Caja Petri	
Botas, Guantes	Cámara fotográfica	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.	Bandeja de fondo blanco		

Fuente: Autor.

9.6.2 Procedimiento para recolección de macroinvertebrados

Se utilizó la red de patada con la ayuda de dos personas, una persona de espaldas a la corriente remueve el fondo del río y la otra pone la red para retener los sedimentos, estos se colocan en una bandeja de fondo blanco con ayuda de la lupa y pinza se extraen y se ubican las muestras de macroinvertebrados en un frasco de vidrio por punto de muestreo, las muestras recolectadas se identifican y cuantifican para colocarlas en tubos de ensayo con alcohol al 90% para su conservación, finalmente los datos obtenidos se registran en una hoja de cálculo Excel.

9.7 Recolección de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico

Como base para el estudio de calidad de agua del presente trabajo de investigación se utiliza la normativa ambiental en la que se detallan los límites máximos permisibles para los diferentes usos del agua como es el acuerdo 097 - A. Dentro del cual se encuentra el libro VI Anexo I “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua” TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente).

De igual manera se toma en cuenta las especificaciones que se dictan 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 IHTALAB de la ciudad de Azogues son: coliformes totales, coliformes fecales, DBO₅, DQO, turbiedad, nitratos, para la toma de muestras se realizó los siguientes pasos en cada punto de muestreo.

9.7.1 Procedimiento para recolección de muestras de agua

Para la toma de muestras de agua, se lavaron tres veces con agua de río botellas de vidrio color ámbar, excepto las de análisis microbiológico, la botella de vidrio ámbar se llenó a tope para evitar burbujas de oxígeno y fue tapada de manera inmediata. Por otra parte, los frascos para análisis microbiológicos se llenaron hasta la mitad por la necesidad de oxígeno, las muestras se etiquetaron con marcador de manera clara con los datos del sitio de muestreo y se conservaron a una temperatura entre 2 °C y 5 °C en un cooler protegido de la luz solar, el transporte de las muestras fue de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169, 2013. Para la recepción en el laboratorio IHTALAB.

Así mismo los parámetros físicos tomados de manera *in situ* son: potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (EC), sólidos totales disueltos (TDS), la temperatura del agua y el ambiente, para la toma de estos datos se utilizó el equipo WATERPROOF PH-3508, y para el oxígeno disuelto el equipo tipo lápiz JPB-70A, de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, y técnicas de muestreo, los datos se visualizan en la tabla 12 diferenciada por puntos de muestreo y en las fotografías del Anexo E.

Tabla 12.*Matriz de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad de agua.*

Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos					
Mes: Enero	Unidades	P01 Pillachiquir	P02 Caspicorral	P03 Macas	P04 Quingeo
Potencial de Hidrógeno	pH				
Temperatura Ambiente	°C				
Oxígeno Disuelto	mg/l				
Temperatura del Agua	°C				
Sólidos Disueltos Totales	ppm				
Conductividad Eléctrica	µs/cm				
Coliformes Totales	NMP/100ml				
Coliformes Fecales	NMP/100ml				
DBO	mg/l				
DQO	mg/l				
Nitratos	mg/l				
Turbiedad	NTU				

Fuente: Autor.

9.8 Cálculo del índice BMWP/Col

Para el cálculo del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) se utilizó una hoja de cálculo Excel, debido a que es un método simple y rápido que sirve para evaluar la calidad del agua utilizando macroinvertebrados, este requiere identificar los macroinvertebrados hasta el nivel de familia, el puntaje

de las familias es de acuerdo a su nivel de tolerancia a la contaminación orgánica y este va de 1 a 10, para los grupos más sensibles como: *Perlidae* y *Oligoneuriidac* un puntaje de 10; mientras que las familias más tolerantes a la contaminación como: *Tubificidae*, recibe una puntuación de 1. La suma de los puntajes de todas las familias da el puntaje total BMWP, y clasifica la calidad de agua en: buena, aceptable, dudosa, crítica y muy crítica.

9.9 Cálculo del índice ABI

Para el cálculo del índice Biológico Andino se utilizó una hoja de cálculo Excel, este índice se apoya en el índice BMWP, siendo aplicable para la microcuenca del río Quingeo debido a que se encuentra sobre los 2000 msnm, este índice utiliza un número menor de familias de macroinvertebrados debido a que la altitud restringe la distribución y el nivel de tolerancia al disturbio ambiental difiere de otras regiones del país, y clasifica la calidad de agua en: muy bueno, bueno, regular, malo y pésimo.

9.10 Cálculo del índice EPT

Para el cálculo del índice EPT se utilizó una hoja de cálculo de Excel, este índice se realiza mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que actúan como indicadores de calidad de agua ya que son más débiles a los contaminantes. Los grupos EPT son: *Ephemeroptera* o moscas de mayo, *Plecoptera* o moscas de piedra y *Trichoptera*, para lo cual es necesario identificar la familia y el orden al que pertenece cada especie, se calcula dividiendo el número del total de EPT presentes para el número total de individuos, el resultado final se multiplica por 100 para obtener un valor porcentual, la calidad de agua de acuerdo al índice se clasifica en: muy buena, buena, regular, mala. Los valores más altos determinan que el agua se encuentra limpia y bien oxigenada.

9.11 Cálculo del índice de biodiversidad SHANNON-WEAVER

Para el cálculo del índice de biodiversidad Shannon – Weaver se utilizó una hoja de cálculo de Excel empleando datos del total de especies en una muestra y la cantidad relativa de individuos dentro de una especie determinada, el índice representa la riqueza y la abundancia de las especies, el índice se representa con la letra “H” y los valores de clasificación de la

biodiversidad varían entre número positivos entre 2, 3 y 4, valores sobre 3 se interpreta como diversos, para el cálculo del índice se emplea la siguiente fórmula:

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

Dónde:

s= número de especies (riqueza de especies)

Pi= proporción de individuos de las especies i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i), ni/N

ni = número de individuos de las especies i

N= número de todos los individuos de todas las especies

9.12 Triangulación de resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los índices biológicos

Por medio de la triangulación de datos obtenidos del muestreo de la microcuenca del río Quingeo entre resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los índices biológicos se plantea realizar el estudio del mismo fenómeno la calidad del agua del río Quingeo. Debido a esta triangulación de datos, se planea visualizar los resultados desde diferentes perspectivas para mejorar su validez y consistencia. Esto contribuirá a una comprensión más amplia de la relación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y los biomarcadores (Aguilar & Barroso, 2015).

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1 Índices para calidad de agua por medio de macroinvertebrados

Con la observación e identificación de zonas de fácil acceso para el monitoreo y muestreo de acuerdo a las PTARs, y con ayuda de la técnica de red de patada se recolectaron los macroinvertebrados, para su identificación se utilizó la información bibliográfica y claves taxonómicas que contiene las características de los macroinvertebrados. Para la presente investigación, por medio del muestreo de macroinvertebrados durante los meses de noviembre a enero y la aplicación de los índices BMWP/Col, ABI, EPT, Shannon – Weaver se determina la calidad de agua en los cuatro puntos del río Quingeo donde existen descargas de las PTAR al cauce, todo lo anterior mencionado se presenta en las tablas 13, 15 y 17.

10.1.1. Calidad de agua del río Quingeo en el mes de noviembre

Tabla 13.

Resultados de la calidad de agua de la Microcuenca en el mes de noviembre.

Microcuenca del Río Quingeo								
Mes:	Calidad del Agua						Índice	
Punto de muestreo	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad	EPT %	Calidad	Shannon - Weaver	Biodiversidad
Pillachiquir	60	Dudosa	42	Regular	7.35%	Mala	1.57	BAJO
Caspicorral	39	Dudosa	27	Malo	4.44%	Mala	1.25	BAJO
Macas centro	33	Crítica	30	Malo	13.16%	Mala	1.21	BAJO
Quingeo centro	33	Crítica	20	Malo	5.00%	Mala	1.16	BAJO

Fuente: Autor.

Los resultados del mes de noviembre se presentan en la tabla 13, para el índice BMWP/Col el resultado de los puntos de Pillachiquir y Caspicorral presentan un valor de 60 y 39 respectivamente, demostrando una calidad de agua dudosa, en los puntos de Macas y Quingeo un puntaje de 33 significando una calidad de agua crítica.

Para el índice ABI el resultado en el punto de Pillachiquir es de 42 demostrando una calidad de agua regular, en los puntos de Caspicorral, Macas y Quingeo valores de 27, 30 y 20 respectivamente, con una calidad de agua mala. El índice EPT en los cuatro puntos de muestreo indica una mala calidad de agua.

Tabla 14.

Macroinvertebrados muestreados en el mes de noviembre.

Clase	Orden	Familia	N° Individuos
Noviembre			
Bivalvia	Venerodia	<i>Sphaeriidae</i>	12
Gastropoda	Pulmonata	<i>Lymnaeidae</i>	6
Insecta	Coleóptera	<i>Dytiscidae</i>	6
Malacostraca	Amphipoda	<i>Hyaellidae</i>	205
Turbellaria	Tricladida	<i>Dugesiidae</i>	52
Oligochaeta			45
Insecta	Trichoptera	<i>Hydrobiosidae</i>	13

Insecta	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	10
Insecta	Coleóptera	<i>Staphylinidae</i>	6
Insecta	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	1
Insecta	Díptera	<i>Muscidae</i>	1
Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	4
Gordioidea		<i>Gordiidae</i>	1
Total			362

Fuente: Autor.

En los cuatro puntos de muestreo en el mes de noviembre se encontraron 362 especies distribuidas en 13 familias de macroinvertebrados que se visualizan en la tabla 14 y estos son: *Sphaeriidae*, *Lymnaeidae*, *Dytiscidae*, *Hyaellidae*, *Dugesidae*, *Oligochaeta*, *Hydrobiosidae*, *Perlidae*, *Staphylinidae*, *Aeshnidae*, *Muscidae*, *Baetidae*, *Gordiidae*. La mayoría de estas familias pertenecen a la clase Insecta. De acuerdo al índice de biodiversidad Shannon – Weaver el río Quingeo muestra una diversidad baja en el mes de noviembre con un promedio de 1.30.

10.1.2. Calidad de agua del río Quingeo en el mes de diciembre

Tabla 15.

Resultados de la calidad de agua de la Microcuenca en el mes de diciembre.

Microcuenca del río Quingeo								
Mes:	Calidad del Agua						Índice	
Punto de muestreo	BMWP /Col	Calidad	ABI	Calidad	EPT %	Calidad	Shannon - Weaver	Biodiversidad
Pillachiquir	63	Aceptable	42	Regular	0.97%	Mala	1.3	BAJO
Caspicorral	57	Dudosa	37	Regular	1.30%	Mala	0.8	BAJO
Macas	55	Dudosa	44	Regular	7.32%	Mala	1.43	BAJO
Quingeo	52	Dudosa	51	Regular	13.39%	Mala	1	BAJO

Fuente: Autor.

Los resultados del mes de diciembre se presentan en la tabla 15, en el índice BMWP/Col el resultado del punto Pillachiquir es de 63 representando una calidad de agua aceptable y en los puntos de Caspicorral, Macas y Quingeo un puntaje de 57, 55 y 52 respectivamente significando

una calidad de agua dudosa. Para el índice ABI el resultado de los puntos de Pillachiquir con 42, Caspicorral con 37, Macas con 44 y Quingeo con 51 representando una calidad de agua regular en los cuatro puntos. El índice EPT en los cuatro puntos de muestreo indica una mala calidad del agua.

Tabla 16.
Macroinvertebrados muestreados en el mes de diciembre.

Clase	Orden	Familia	N° Individuos
Diciembre			
Malacostraca	Amphipoda	<i>Hyaellidae</i>	867
Turbellaria	Tricladida	<i>Dugesidae</i>	197
Insecta	Coleóptera	<i>Staphylinidae</i>	37
Oligochaeta			61
Hirudinea	Rhynchobdellida	<i>Glossiphoniidae</i>	2
Bivalvia	Venerodia	<i>Sphaeriidae</i>	20
Insecta	Trichoptera	<i>Hydrobiosidae</i>	6
Insecta	Coleóptera	<i>Dytiscidae</i>	3
Gastropoda	Pulmonata	<i>Lymnaeidae</i>	18
Insecta	Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i>	12
Insecta	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	5
Insecta	Odonata	<i>Libellulidae</i>	1
Insecta	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	17
Insecta	Díptera	<i>Syrphidae</i>	1
Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	3
Insecta	Coleóptera	<i>Scirtidae</i>	1
Total			1251

En los cuatro puntos de muestreo en el mes de diciembre se encontraron 1251 especies distribuidas en 16 familias de macroinvertebrados que se visualizan en la tabla 16 y estos son: *Hyaellidae*, *Dugesidae*, *Staphylinidae*, *Oligochaeta*, *Glossiphoniidae*, *Sphaeriidae*, *Hydrobiosidae*, *Dytiscidae*, *Lymnaeidae*, *Leptophlebiidae*, *Aeshnidae*, *Libellulidae*, *Perlidae*, *Syrphidae*, *Baetidae*, *Scirtidae*. La mayoría de estas familias pertenecen a la clase Insecta, y el mayor número de especies son de la familia *Hyaellidae* perteneciente a la clase Malacostraca.

El índice de biodiversidad Shannon – Weaver en el río Quingeo muestra una diversidad baja en el mes de diciembre con un promedio de 1.13.

10.1.3. Calidad de agua del río Quingeo en el mes de enero

Tabla 17.

Resultados de la calidad de agua de la Microcuenca en el mes de enero.

Microcuenca del río Quingeo								
Mes: Enero	Calidad del Agua						Índice	
Punto de muestreo	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad	EPT %	Calidad	Shannon - Weaver	Biodiversidad
Pillachiquir	68	Aceptable	47	Regular	8.64%	Mala	1.59	BAJO
Caspicorral	79	Aceptable	60	Bueno	7.10%	Mala	0.73	BAJO
Macas	70	Aceptable	59	Bueno	21.23%	Mala	1.26	BAJO
Quingeo	50	Dudosa	47	Regular	38.98%	Regular	1.27	BAJO

Fuente: Autor.

Para el mes de enero los resultados se presentan en la tabla 17, para el índice BMWP/Col el resultado del punto Pillachiquir con 68, Caspicorral con 79 y Macas con 70 representan la calidad de agua aceptable y en Quingeo un puntaje de 50 significando una calidad de agua dudosa. Para el índice ABI el resultado de los puntos de Pillachiquir y Quingeo con 47 significan una calidad de agua regular, en Caspicorral y Macas se presenta un puntaje de 60 y 59 respectivamente figurando una calidad de agua buena. El índice EPT en Pillachiquir, Caspicorral y Macas señala una calidad de agua mala, a diferencia de Quingeo que su valor es de 38.98% y representa una calidad de agua regular.

Tabla 18.

Macroinvertebrados muestreados en el mes de enero.

Clase	Orden	Familia	N° Individuos
Enero			

Malacostraca	Amphipoda	<i>Hyaellidae</i>	1276
Turbellaria	Tricladida	<i>Dugesidae</i>	97
Insecta	Coleóptera	<i>Staphylinidae</i>	27
Oligochaeta			66
Bivalvia	Venerodia	<i>Sphaeriidae</i>	17
Insecta	Trichoptera	<i>Hydrobiosidae</i>	8
Insecta	Coleóptera	<i>Dytiscidae</i>	11
Gastropoda	Pulmonata	<i>Lymnaeidae</i>	30
Insecta	Ephemeroptera	<i>leptophlebiidae</i>	62
Insecta	Odonata	<i>Libellulidae</i>	10
Insecta	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	188
Insecta	Coleóptera	<i>Scirtidae</i>	3
Insecta	Díptera	<i>Simuliidae</i>	32
Insecta	Díptera	<i>Tabanidae</i>	1
Insecta	Lepidóptera	<i>Noctoidae</i>	1
Total			1829

Fuente: Autor.

Los resultados del muestreo en el mes de enero se visualizan en la tabla 18, como resultado se obtuvo 1829 especies distribuidas en 15 familias que son: *Hyaellidae*, *Dugesidae*, *Staphylinidae*, *Oligochaeta*, *Sphaeriidae*, *Hydrobiosidae*, *Dytiscidae*, *Lymnaeidae*, *leptophlebiidae*, *Libellulidae*, *Perlidae*, *Scirtidae*, *Simuliidae*, *Tabanidae*, *Noctoidae*,

La mayoría de estas familias pertenecen a la clase Insecta, el mayor número de especies son de la familia *Hyaellidae* perteneciente a la clase Malacostraca con 1276. El índice de biodiversidad Shannon – Weaver en el río Quingeo muestra una diversidad baja en el mes de enero con un promedio de 1.2.

10.2 Representatividad temporal de macroinvertebrados

Tabla 19.

Representatividad temporal de macroinvertebrados.

Familia		
Noviembre	Diciembre	Enero
<i>Aeshnidae</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>leptophlebiidae</i>
<i>Muscidae</i>	<i>leptophlebiidae</i>	<i>Libellulidae</i>
<i>Baetidae</i>	<i>Aeshnidae</i>	<i>Scirtidae</i>
<i>Gordiidae</i>	<i>Libellulidae</i>	<i>Simuliidae</i>
	<i>Syrphidae</i>	<i>Tabanidae</i>
	<i>Baetidae</i>	<i>Noctoidae</i>
	<i>Scirtidae</i>	

Fuente: Autor.

10.3 Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos

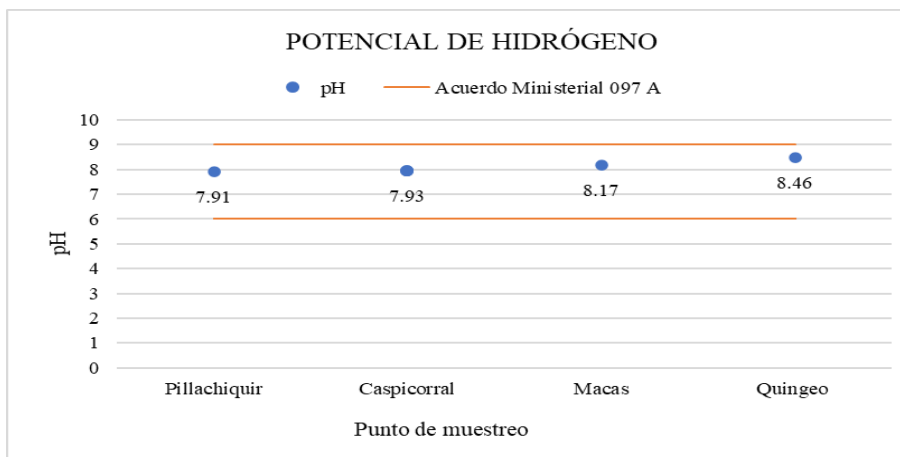
Para la recolección de muestras se utilizó la normativa para: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras NTE INEN 2169:98 y para: calidad del agua, muestreo, y técnicas de muestreo NTE INEN 2176:98. Las muestras de agua analizadas en el laboratorio IHTALAB de la ciudad de Azogues y los parámetros físicos tomados de manera *in situ* se visualizan en la tabla 20, los informes de laboratorio se visualizan en el (Anexo F) en la cual está diferenciada por puntos de muestreo.

Tabla 20.*Parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad de agua.*

Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos					
Mes: Enero	Unidades	P01 Pillachiquir	P02 Caspicorral	P03 Macas	P04 Quingeo
Potencial de Hidrógeno	pH	7.91	7.93	8.17	8.46
Temperatura Ambiente	°C	17	17.4	17.8	18
Oxígeno Disuelto	mg/l	8.46	8.56	8.68	8.92
Temperatura del Agua	°C	15.2	15.7	15.8	16
Sólidos Disueltos Totales	ppm	86	112	135	141
Conductividad Eléctrica	µs/cm	127	173	257	361
Coliformes Totales	NMP/100ml	>1600	>1600	>1600	>1600
Coliformes Fecales	NMP/100ml	240	240	130	79
DBO	mg/l	8	6	18	No Detectable
DQO	mg/l	20	15	50	11
Nitratos	mg/l	2.3	1.4	3.7	0.95
Turbiedad	NTU	48	55.8	115	149

Fuente: Autor.

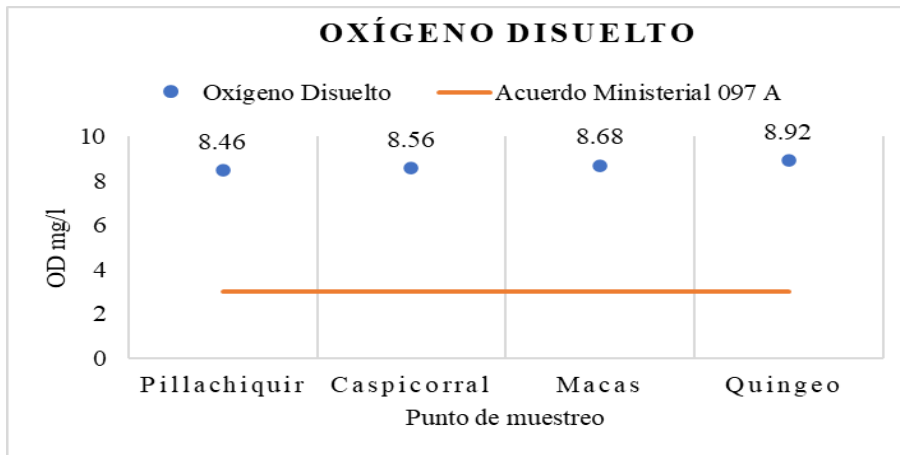
Figura 7.
Potencial de Hidrógeno (pH)



Fuente: Autor.

Los resultados registrados se muestran en la figura 7, los valores de pH son más alcalinos en los puntos de Macas y Quingeo con 8.17 y 8.46 \pm 0.23 respectivamente, sin embargo, los parámetros de pH se encuentran dentro de los límites que exige el Acuerdo Ministerial 097 A, 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, en base a esta los valores obtenidos se encuentran entre el mínimo de 6 y el máximo de 9.

Figura 8.
Oxígeno disuelto

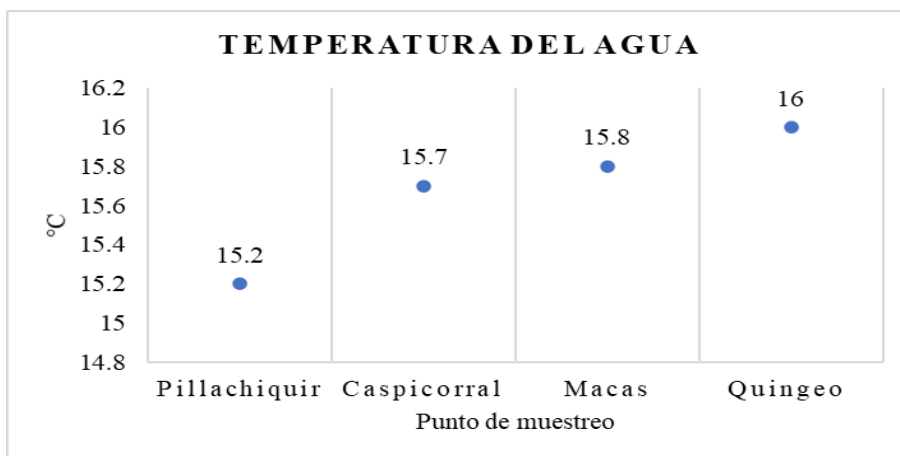


Fuente: Autor.

En la figura 8, se observa que el oxígeno disuelto tiene valores más altos en los puntos de Macas y Quingeo con máximo de 8.92 ± 0.19 y un mínimo en Pillachiquir de 8.46 ± 0.19 , puesto que el oxígeno disuelto proviene en su mayoría de las plantas acuáticas por su proceso de fotosíntesis y el flujo de la corriente, condiciones que se encuentran presentes en la microcuenca hacen que el valor aumente, también es importante recalcar que a mayor altitud mayor es la concentración de OD ya que en este caso los puntos de muestreo se encuentran sobre los 2500 msnm, por lo tanto, los valores obtenidos superan a los establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A, 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 debido a que el límite máximo señalado es de 3mg/l. Para los macroinvertebrados el oxígeno disuelto condiciona la abundancia y diversidad de especies, una condición óptima se encuentra entre 7 y 8 mg/l.

Figura 9.

Temperatura del agua.

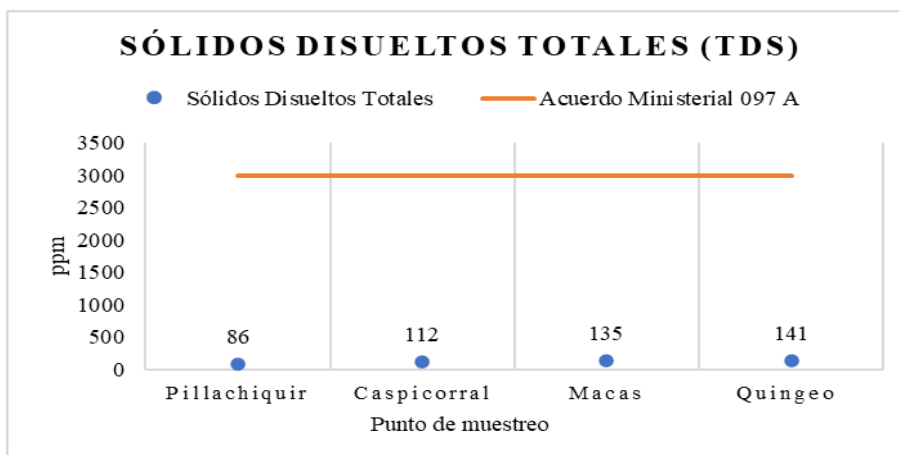


Fuente: Autor.

La temperatura oscila entre 15°C y $16^{\circ}\text{C} \pm 0.18$ en los cuatro puntos de muestreo como se visualiza en la figura 9; las condiciones aceptables para el desarrollo de la vida acuática en ríos

de zonas altas van desde 9°C a 21°C, pues la temperatura altera las propiedades del agua tanto físicas como químicas incluso influye en los organismos acuáticos y la cantidad de oxígeno del agua puede variar de acuerdo a la temperatura.

Figura 10.
Sólidos disueltos totales

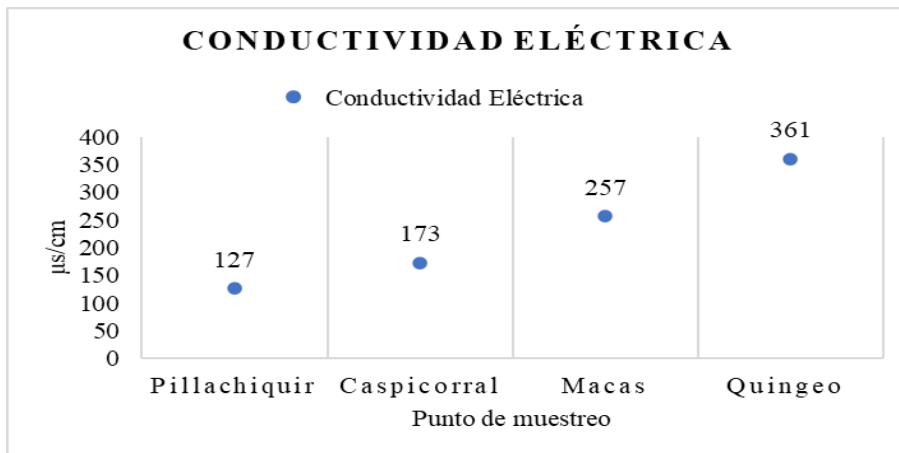


Fuente: Autor.

Los valores de TDS se muestran en la figura 10, su máximo valor es de 141 ± 0.22 ppm ubicado en el punto de Quingeo y su mínimo de 86 ± 0.22 ppm en Pillachiquir, contrarrestando con el Acuerdo Ministerial 097 A, Anexo 1 TULSMA Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 5 criterios de calidad de aguas para uso pecuario, los valores obtenidos no superan los límites máximos señalados de 3000 ppm, considerando que el agua tiene mayor pureza cuanto menor sean estos.

Figura 11.

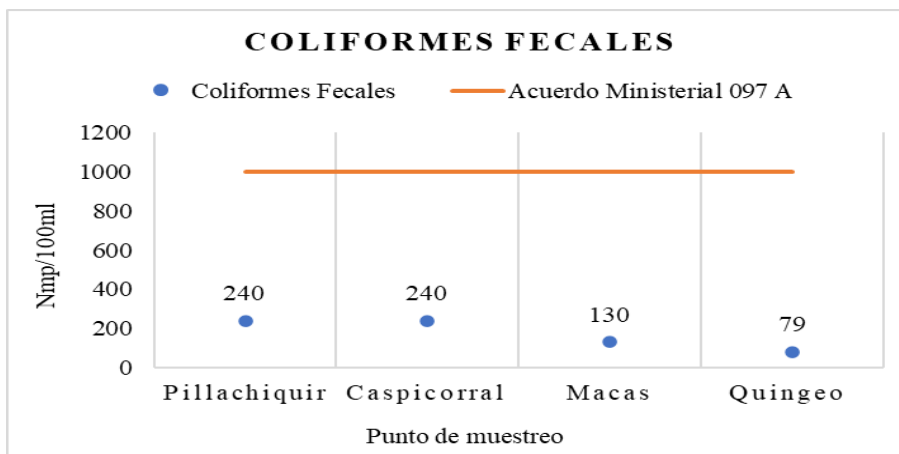
Conductividad eléctrica



Fuente: Autor.

El dato mayor de conductividad eléctrica se registra en Quingeo con un valor de 361 ± 0.24 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y el valor mínimo en Pillachiquir con 127 ± 0.24 $\mu\text{s}/\text{cm}$ como se visualiza en la figura 11, la presencia de sales en el cuerpo hídrico aumenta la conductividad convirtiéndose en un importante indicador de mineralización del agua ya que la conductividad es directamente proporcional a los TDS a una temperatura corregida a 25°C .

Figura 12.
Coliformes Fecales



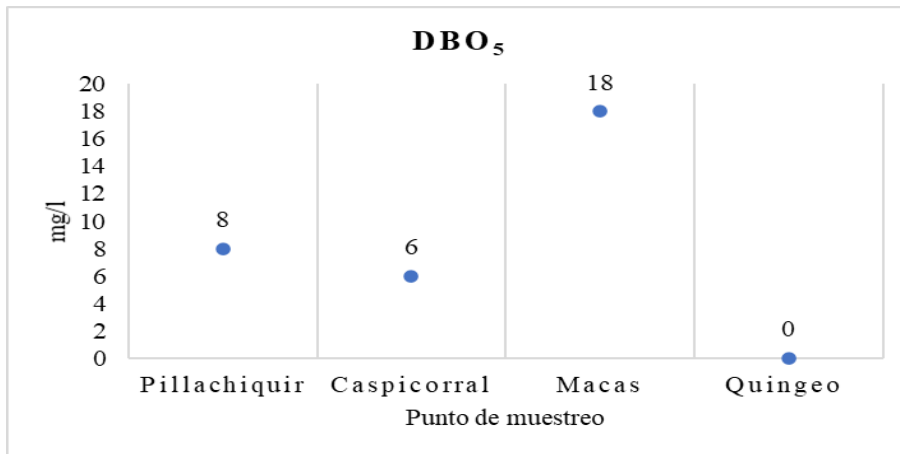
Fuente: Autor.

En la figura 12, se muestran los resultados de los análisis de coliformes fecales con un valor máximo de 240 NMP/100ml en el sector de Pillachiquir y un valor mínimo en Quingeo de 79 NMP/100ml. Comparado con el criterio de calidad de 1000 NMP/100ml que señala el Acuerdo Ministerial 097 A, 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, los valores obtenidos

de coliformes fecales no superan los límites al presentarse en bajas concentraciones, indicando buena calidad de agua.

Figura 13.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

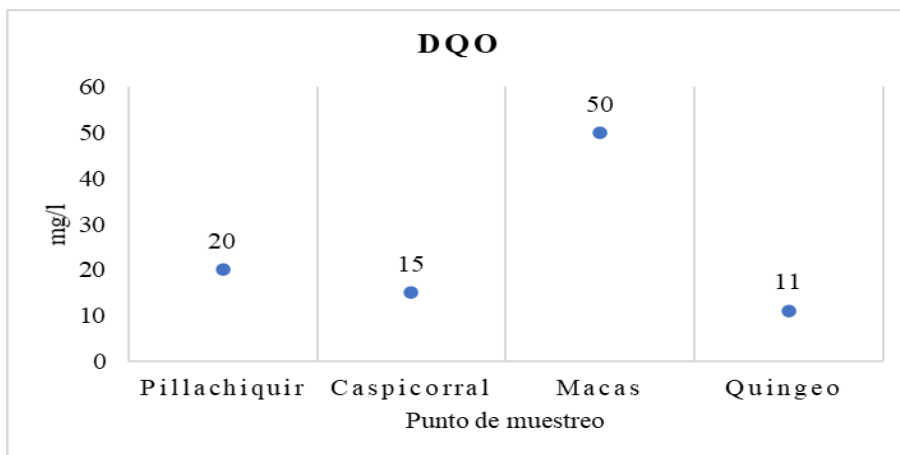


Fuente: Autor.

Los valores de DBO₅ se muestran en la figura 13, el valor más alto de 18 mg/l en el punto de Macas y un valor indetectable en el punto de Quingeo, la demanda biológica de oxígeno aumenta cuanto más contaminación exista en el cuerpo de agua teniendo en cuenta que el DBO₅ detecta únicamente el material orgánico biodegradable.

Figura 14.

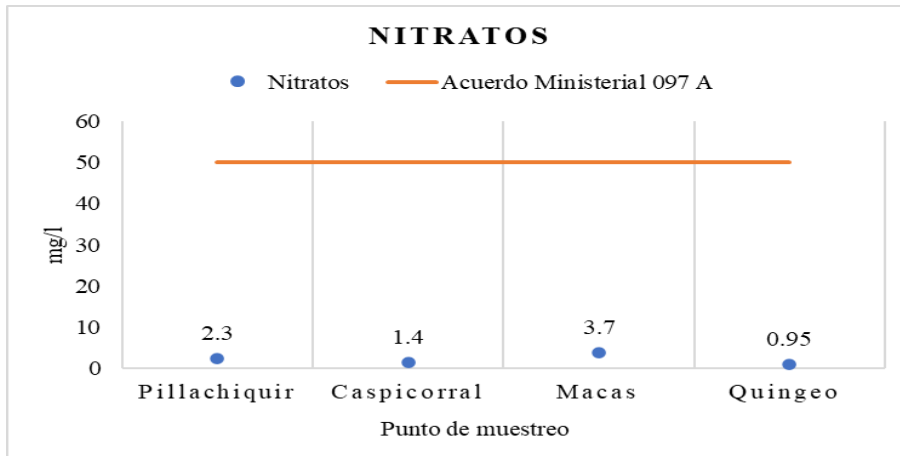
Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Autor.

Los valores de DQO se muestran en la figura 14, en el punto de Macas se encuentra el valor más alto de 50 mg/l y el valor mínimo de 11 mg/l en Quingeo, si el valor de DQO es más alto existe mayor contaminación en el recurso agua, estos valores siempre se encuentran por encima que los del DBO₅ debido a que se busca la oxidación completa de la muestra de agua.

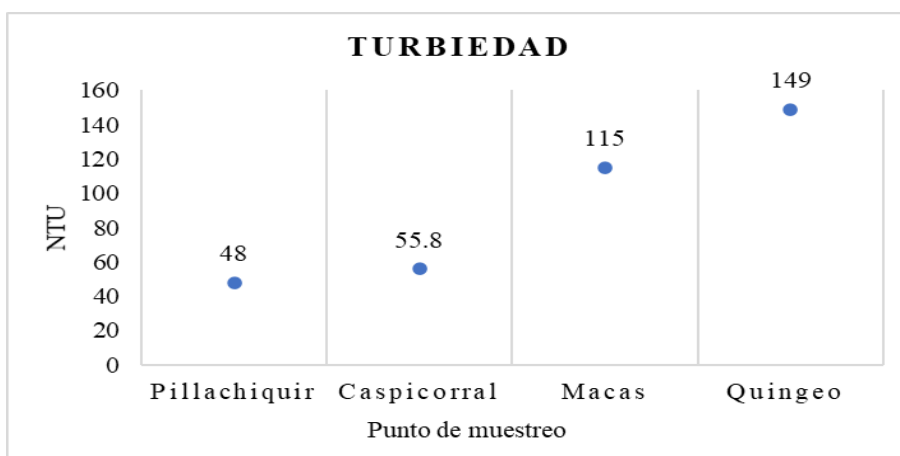
Figura 15.
Nitratos



Fuente: Autor.

Los valores obtenidos de nitratos se visualizan en la figura 15, el mayor valor de 3.7 mg/l se encuentra en Macas mientras que el valor menor de 0.95 mg/l está el punto de Quingeo. Contrastando con el Acuerdo Ministerial 097 A, Anexo 1 TULSMA Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 5 criterios de calidad de aguas para uso pecuario determina que su valor máximo es de 50 mg/l los valores obtenidos de NO_3 se encuentran dentro de la normativa.

Figura 16.
Turbiedad



Fuente: Autor.

Los valores de turbiedad se muestran en la figura 16, en Quingeo se presenta el valor máximo de 149 NTU y el valor mínimo de 48 NTU en Pillachiquir, lo que indica que en Quingeo el agua se muestra más turbia debido al aumento de partículas suspendidas que llegan al río debido

a la erosión del suelo. En base a las interpretaciones y comparaciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el Acuerdo Ministerial 097 A, 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 y tabla 5 criterios de calidad de aguas para uso pecuario, se considera que el agua de la microcuenca del río Quingeo es apta para utilizarla en el riego agrícola y para uso pecuario, ya que los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites máximos que proponen las tablas para uso agrícola y pecuario.

10.4 Resultado de la triangulación de resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los índices biológicos

Para la comparación de resultados se realizó una triangulación de datos obtenidos tanto de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los resultados de los índices biológicos, de la microcuenca del río Quingeo.

Tabla 21.

Parámetros Físico-Químicos, microbiológicos e Índices biológicos.

Parámetros Físico-Químicos, microbiológicos e Índices biológicos					
Parámetro	Unidades	P01 Pillachiquir	P02 Caspicorral	P03 Macas	P04 Quingeo
Potencial de Hidrógeno	pH	7.91	7.93	8.17	8.46
Temperatura Ambiente	°C	17	17.4	17.8	18
Oxígeno Disuelto	mg/l	8.46	8.56	8.68	8.92
Temperatura del Agua	°C	15.2	15.7	15.8	16
Sólidos Disueltos Totales	ppm	86	112	135	141
Conductividad Eléctrica	µs/cm	127	173	257	361
Coliformes Totales	NMP/100ml	>1600	>1600	>1600	>1600
Coliformes Fecales	NMP/100ml	240	240	130	79
DBO	mg/l	8	6	18	No Detectable

DQO	mg/l	20	15	50	11
Nitratos	mg/l	2.3	1.4	3.7	0.95
Turbiedad	NTU	48	56	115	149
Índice	Clasificación				
BMWP/Col	Aceptable	63.67	-	-	-
	Dudosa	-	58.33	52.67	45
ABI	Regular	43.67	41.33	44.33	39.33
EPT	Mala	0.19	0.04	0.14	0.19
Índice de biodiversidad					
Shannon - Weaver	Bajo	1.49	0.93	1.3	1.14

Fuente: Autor.

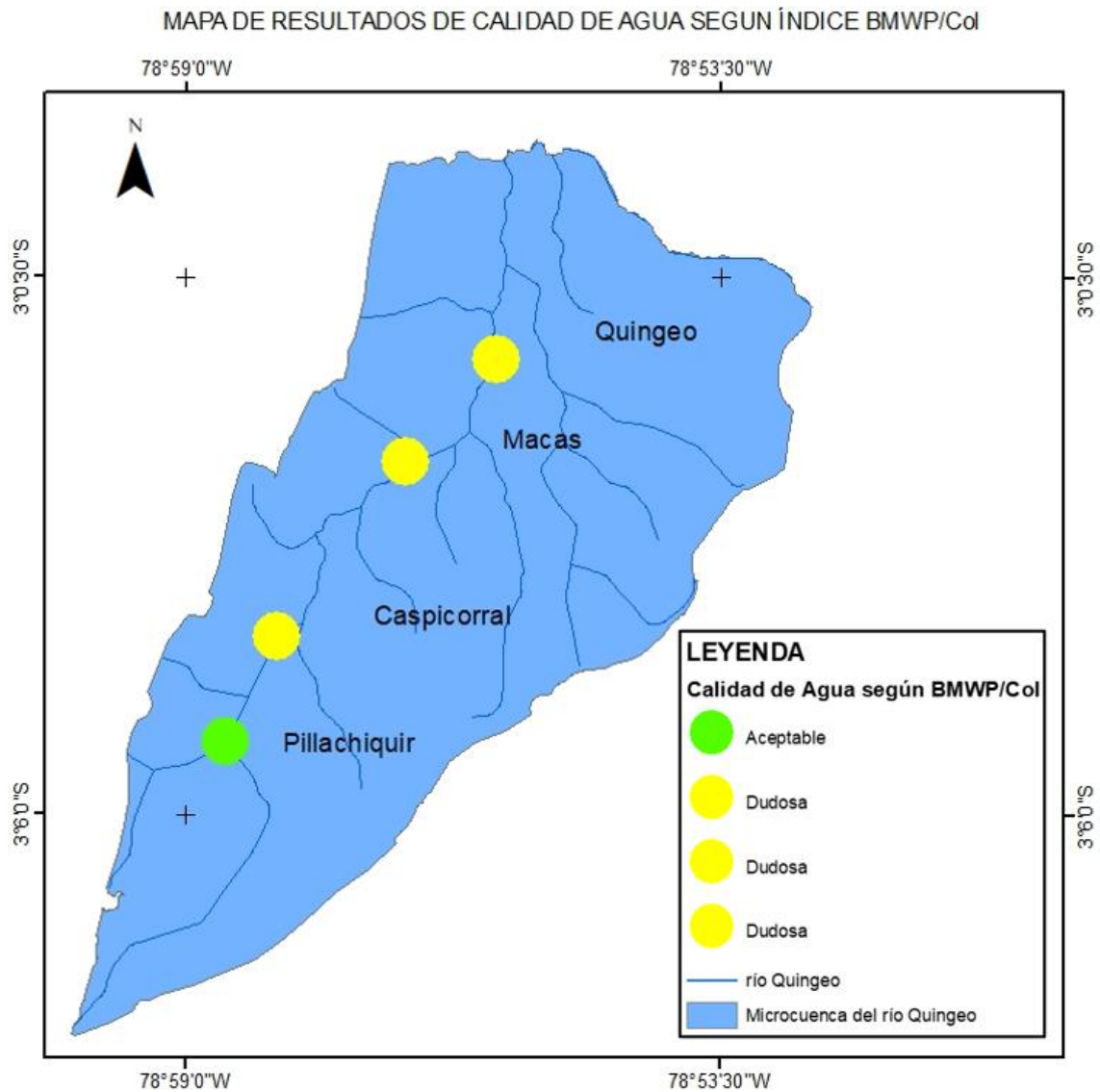
Como ya se ha mencionado antes en este documento se puede constatar que al momento de comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los índices de cada uno de los puntos se evidencia que existen resultados contrastantes entre los mismos.

Es decir, los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos van en aumento causando el efecto contrario para los índices biológicos que indican un decrecimiento en la calidad de agua. Se evidencia en los índices ABI, EPT una calidad de agua regular y mala en los cuatro puntos de muestreo.

Y para el índice BMWP/Col una calidad de agua dudosa en los puntos de Caspicorral, Macas y Quingeo, a excepción del punto Pillachiquir donde la calidad de agua es aceptable. En cuanto al índice de biodiversidad Shannon – Weaver clasifica al río Quingeo con una diversidad biológica baja.

Figura 17.

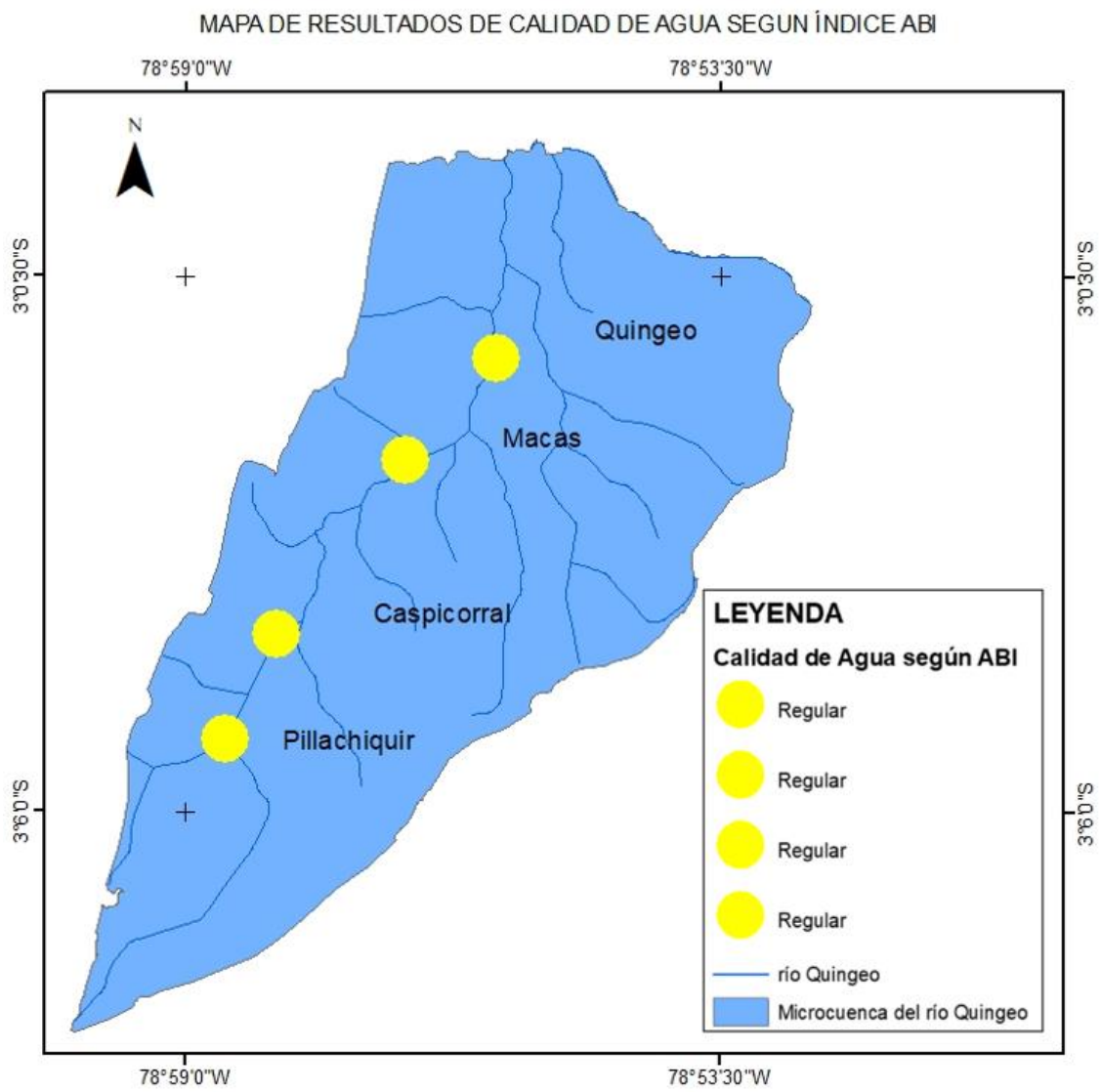
Mapa de resultado de calidad de agua según el índice BMWP/Col.



Fuente: Autor.

Figura 18.

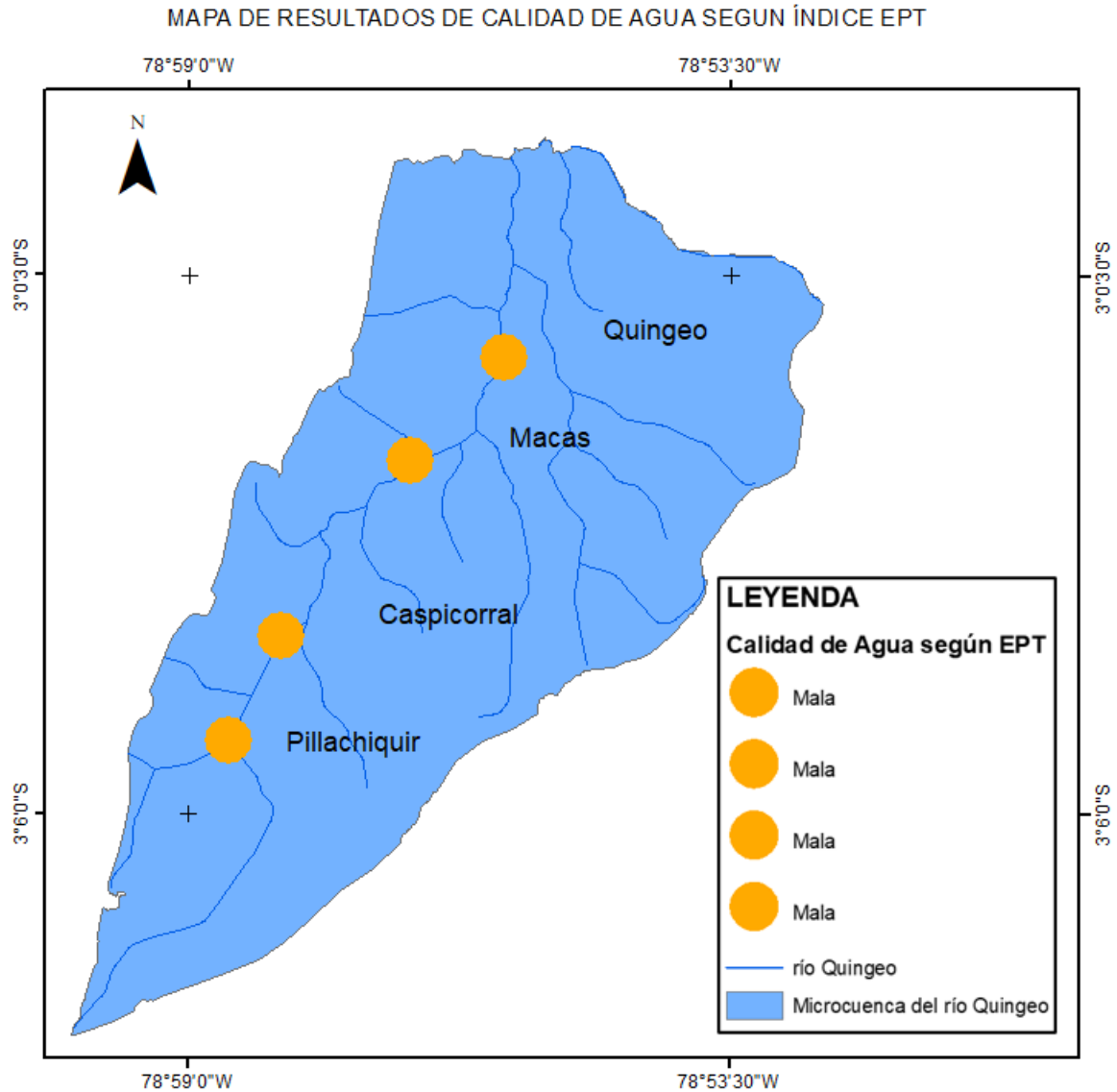
Mapa de resultado de calidad de agua según el índice ABI.



Fuente: Autor.

Figura 19.

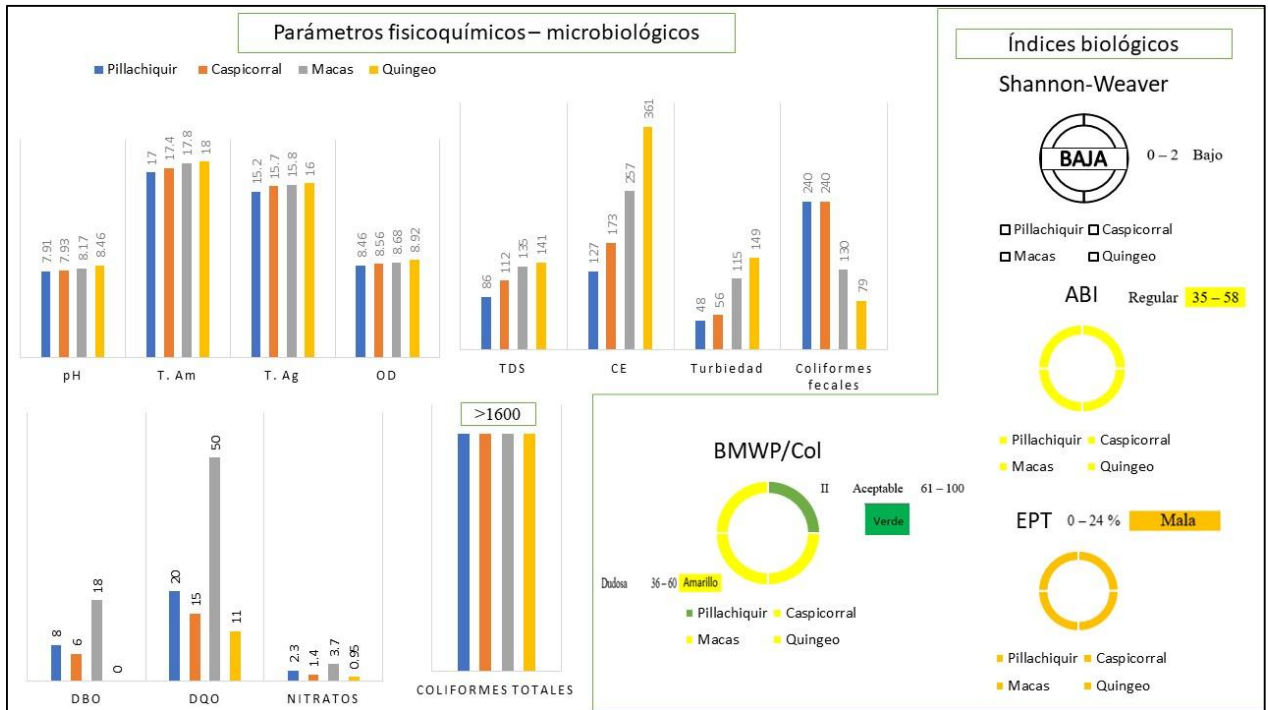
Mapa de resultado de calidad de agua según el índice EPT.



Fuente: Autor.

La calidad de agua de la microcuenca del río Quingeo de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos - microbiológicos e índices biológicos en el punto de Pillachiquir, es aceptable para uso agrícola y pecuario, por lo tanto, si en la parroquia se quiere implementar proyectos de riego agrícola, el agua debería ser canalizada desde este punto ya que el recurso no se encuentra alterado.

Figura 20.
Graphical abstract.



Fuente: Autor.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES)

11.1 Técnicos

En la microcuenca del río Quingeo no existen estudios de calidad de agua, consecuentemente, este proyecto de investigación contribuye a la parroquia y a las comunidades afectadas por descargas de las plantas de tratamiento, también como guía para posteriores estudios de calidad de agua, para la implementación de proyectos de riego y usos afines del recurso hídrico de la microcuenca.

11.2 Sociales

El proyecto de investigación se comprometerá con los presidentes y consejos parroquiales de las comunidades relevantes para tomar decisiones sobre las plantas de tratamiento y que cumplan con la normativa de límites de descarga a un cuerpo hídrico su conservación y protección. ya que las plantas de tratamiento están causando un daño irreversible al recurso y este a su vez a la población que vive cerca de la ribera y hace uso de ella, la mayoría de los cuales son ganaderos, en algunos casos, utilizan sus recursos para riego y en pocos casos la población que no cuenta con agua potable hace uso de esta agua.

11.3 Ambientales

El río Quingeo de acuerdo a las visitas realizadas el único inconveniente que se puede evidenciar qué genera mayores problemas ambientales son las plantas de tratamiento, debido a que se encuentran a la orilla de la ribera y los desechos se descargan de manera directa. La mayoría de habitantes de las comunidades por las que pasa el río se encuentran distanciados de las orillas.

Según los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos conjuntamente con los índices biológicos obtenidos de la microcuenca del río Quingeo se caracteriza una calidad de agua aceptable para el riego agrícola y de calidad dudosa – regular para otros usos. Excepto por los resultados del índice (BMWP/Col) en Pillachiquir, donde los resultados indican una calidad de agua aceptable. Para evitar impactos negativos en los recursos hídricos de la microcuenca del río Quingeo, los datos de calidad del agua recolectados deben ser comunicados a las autoridades para tomar acciones y diseñar estrategias para proteger el agua y la conservación del recurso.

El proyecto aplica técnicas de bajo costo económico que sirven para identificar el nivel de contaminación que existe en el río por medio de índices que utilizan macroinvertebrados como indicadores, los resultados que se obtienen son confiables y accesibles para las autoridades del gobierno parroquial a la vez que servirán como base para la implementación de futuros proyectos agrícolas ganaderos o de riego en las comunidades.

12. CONCLUSIONES

En base a lo expuesto anteriormente en la investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- En la microcuenca del río Quingeo en los cuatro puntos de Pillachiquir, Caspicorral, Macas y Quingeo se encontraron un total de 5859 especies de macroinvertebrados distribuidas en 21 familias, los resultados de la aplicación de los índices biológicos en la microcuenca son: con el índice EPT se demostró una calidad de agua mala en los cuatro puntos, para el índice ABI la calidad es regular en los puntos muestreados y para el índice biológico BMWP/Col una calidad de agua aceptable en el punto Pillachiquir, en los demás puntos se presenta una calidad de agua dudosa, finalmente el promedio del índice Shannon – Weaver entre los cuatro puntos fue de 1.27 es decir, una diversidad baja.
- Mediante los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la microcuenca del río Quingeo se obtuvo como resultado una calidad de agua aceptable para riego y uso pecuario, ya la mayoría de valores obtenidos no sobrepasan los límites máximos permisibles propuestos por el acuerdo ministerial 097 A, Anexo 1 TULSMA Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 3 criterios de calidad para riego agrícola y Tabla 5 criterios de calidad de aguas para uso pecuario. El único parámetro que supera los límites de la tabla 3 es el de oxígeno disuelto, debido a que los puntos de muestreo se localizan a una altitud de 2500 msnm y que se encontró plantas acuáticas, un flujo turbulento de la corriente hídrica, condiciones que ayudan a aumentar el valor de concentración de OD.
- De acuerdo a la triangulación de datos entre bioindicadores, análisis fisicoquímicos y microbiológicos se concluye que: los resultados son contrastantes entre los mismos, es decir que, aunque la mayoría de valores de los parámetros se encuentran dentro de los límites que propone la tabla 3 criterios de calidad para riego agrícola, excepto el oxígeno disuelto que por condiciones naturales supera dichos límites. Estos valores van en aumento causando el efecto contrario para los índices biológicos los cuales indican un decrecimiento en la calidad de agua.

13. RECOMENDACIONES

Mediante los resultados del proyecto de investigación se puede presentar las siguientes recomendaciones:

- Delimitar el transecto de estudio teniendo en cuenta las zonas de difícil acceso debido a la profundidad del río, también utilizar de manera correcta la red de patada para la recolección de diferentes clases de macroinvertebrados que mediante la aplicación de los índices biológicos se determina la calidad de agua, el uso de equipo de protección personal es de carácter obligatorio precautelando la seguridad del personal involucrado en la recolección de macroinvertebrados.
- En la recolección de muestras de agua y su transporte al laboratorio encargado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se recomienda cumplir con las normativas para calidad de agua NTE INEN 2169:98 y 2176:98 para que de esta manera las muestras no sean alteradas en el muestreo, manejo, transporte y conservación de muestras. En cuanto a los parámetros de naturaleza cambiante como: potencial hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (EC), sólidos totales disueltos (TDS), la temperatura del agua, temperatura ambiente y el oxígeno disuelto se recomienda medirlos de manera *in situ*.
- El muestreo realizado para análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el presente trabajo de investigación se realizó en el mes de enero al finalizar la época lluviosa corta de la microcuenca comprendida en los meses de octubre y noviembre, por lo tanto, se recomienda realizar el muestreo de macroinvertebrados y recolección de muestras de agua antes de las épocas lluviosas para obtener datos más amplios sobre la calidad de agua de la microcuenca. De acuerdo a los resultados obtenidos conjuntamente con las autoridades del Gad parroquial se puede implementar soluciones a futuro.

14. REFERENCIAS

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64. <https://doi.org/10.23818/limn.28.04>
- Aguilar, S., & Barroso, J. (2015). La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa. *Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 47, 73-88. <https://www.redalyc.org/pdf/368/36841180005.pdf>
- Álvarez, J., Cutillas, P., Valle, O., & Cabañero, J. (2016). Análisis De La Calidad Del Agua En Las Lagunas De Bustillos Y De Los Mexicanos (Chihuahua, México). *Papeles de Geografía*, 62, 107-118.
- Ambientum. (2021). Ríos—Enciclopedia Medioambiental. *Ambientum Portal del Medioambiente*. Recuperado 31 de agosto de 2021, de <https://www.ambientum.com/>
- Andino, P., Espinosa, R., Guevara, E., & G., T. (2017). Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo. *Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación y OCP Ecuador*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25555.81447>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación (6.a ed.)*. Episteme. https://issuu.com/fidiasgerardoarias/docs/fidias_g._arias._el_proyecto_de_inv
- Arslan, N., Salur, A., Kalyoncu, H., Mercan, D., Barişik, B., & Odabaşı, D. A. (2016). The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Küçük Menderes River (Turkey). *Biología*, 71(1), 49-57. <https://doi.org/10.1515/biolog-2016-0005>
- Baños, A. (2018). *¿Qué nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable? Higiene Ambiental*. <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Baquerizo, M., Acuña, M., & Solís-Castro, M. (2019). Contaminación de los ríos: Caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar*, 16(1), 63-70. <https://doi.org/10.17268/manglar.2019.009>

- Biswas, A. K., & Tortajada, C. (2019). Water quality management: A globally neglected issue. *International Journal of Water Resources Development*, 35(6), 913-916. <https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1670506>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Brini, E., Fennell, C. J., Fernández-Serra, M., Hribar-Lee, B., Lukšič, M., & Dill, K. A. (2017). How Water's Properties Are Encoded in Its Molecular Structure and Energies. *Chemical Reviews*, 117(19), 12385-12414. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00259>
- Briongos, R. (2021). La Importancia de las aguas superficiales. *Escuela de ingeniería y medio ambiente*. <http://eimaformacion.com/la-importancia-de-las-aguas-superficiales/>
- Carbajal, Á., & González, M. (Eds.). (2012). *Agua para la salud: Pasado, presente y futuro*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Cárdenas-Castro, E., Lugo-Vargas, L., González-Acosta, J. A., & Tenjo-Morales, A. I. (2018). Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del río Teusacá, afluente del río Bogotá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 587-597. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1004>
- Carrera-Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (Eds.). (2001). *Manual de monitoreo de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua (1. ed)*. EcoCiencia.
- Cerezal, M., & Fiallo, R. (2005). *¿Cómo investigar en Pedagogía? La Habana*. <file:///C:/Users/HP/Desktop/investigacion/Texto%201%20marco%20metodologico.pdf>

- Cruz-Falcón, A., Troyo Diéguez, E., Murillo Jiménez, J. M., García Hernández, J. L., & Murillo Amador, B. (2018). Familias de agua subterránea y distribución de sólidos totales disueltos en el acuífero de La Paz Baja California Sur, México. *Terra Latinoamericana*, 36(1), 39-48. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.316>
- Cue, M., Diaz, G., Diaz, A., & Valdes, M. (2008). *El artículo de revisión*. Rev Cubana. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000400011&lng=es&nrm=iso
- Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12, 27. <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- Effendi, H. (2016). River Water Quality Preliminary Rapid Assessment Using Pollution Index. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 562-567. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.108>
- Elosegui, A., & Sabater, S. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. https://www.fbbva.es/microsites/ecologia_fluvial/pdf/cap_05.pdf
- Encalada-Romero, A., Ríos-Touma, B., Rieradevall Sant, M., Prat Fornells, N. y García Katchor, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*. Quito, Ecuador.
- Escobar-Llanos, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura. <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>
- Fernández, A. C. (2012). El agua: Un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 25. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- García, M., Sánchez, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., Vargas, O., Panizzo, L., Sánchez, N., & Gómez, J. (2001). *El Medio Ambiente en Colombia*. En P. Leyva (Ed.), *El Agua* (2.a ed., p. 189). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>

- Gelambi, M. (2018, diciembre 20). *¿Qué es el índice de Shannon y para qué sirve?* Lifeder. <https://www.lifeder.com/indice-de-shannon/>
- Gómez, R. (2004). *Evolución científica y metodológica de la economía*. <http://www.eumed.net/coursecon/libreria/rgl-evol/index.html>
- Gonzales, G., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Núñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K., & Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: Una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 31(3), 547-556.
- González, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2018). *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca*. ETAPA. EP [Cuenca]. 156PP
https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA%20MACROINVERTEBRADOS.pdf?fbclid=IwAR1x56GWltIyf0dUk9_gdqi10j8BtC-ep7p3UZeh7jnAgM02193f6hVSFJ8
- Hach, L. (2021). *Conductividad*. Hach Company. https://latam.hach.com/cms-portals/hach_mx/cms/documents/Que-s-la-conductividad-Final.pdf
- Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., & Romeu-Álvarez, B. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: Revisión de la literatura*. 44(3), 12.
- Machado, V., Granda, R., Endara, A., Machado, V., Granda, R., & Endara, A. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. *Enfoque UTE*, 9(4), 154-167. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.369>
- Martínez-Orjuela, M., Mendoza-Coronado, J., Medrano-Solís, B., Gómez-Torres, L., & Mejía, C. Z.-. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*, 19(1), 15-24. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n4-2020001>
- Ministerio de desarrollo productivo. (2017). *Calidad de Agua*. <http://www.recursohidricos.gov.ar/webback/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>

- Miranda, J. P. R., Mosquera, J. A. S., & Céspedes, J. M. S. (2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 8(1), 159-167. <https://doi.org/10.22335/rlct.v8i1.306>
- Muñoz, H., Orozco, S., Vera, A., Suárez, J., García, E., Neria, M., & Jiménez, J. (2015). Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(5), 59-74.
- Ndoye, S., Fontaine, C., Gaye, C. B., & Razack, M. (2018). Groundwater Quality and Suitability for Different Uses in the Saloum Area of Senegal. *Water*, 10(12), 1837. <https://doi.org/10.3390/w10121837>
- Nohlen, D. (2020). *Antologías para el estudio y la enseñanza de la ciencia política* (1.a ed., Vol. 3). UNAM. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6180/5.pdf>
- Omer, N. H. (2019). Water Quality Parameters. En *Water Quality—Science, Assessments and Policy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89657>
- Orbón, J. (2000). *Análisis de Aguas* (1.a ed.). Universidad Politécnica de Cartagena. https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- Ordóñez-Gálvez, J. J. (2012). *Cartilla técnica: Aguas subterráneas-acuíferos* (Z. Novoa, Ed.; 1.a ed.). Sociedad Geográfica de Lima: Foro Peruano para el Agua. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf
- Ortiz, L. L. (2005). La bioindicación de la calidad de agua. *Umbral científico*, 8. <https://www.redalyc.org/pdf/304/30400702.pdf>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Paisley, M. F., Trigg, D. J., & Walley, W. J. (2014). Revision of the Biological Monitoring Working Party (bmwp) Score System: Derivation of Present-Only and Abundance-Related Scores from Field Data. *River Research and Applications*, 30(7), 887-904. <https://doi.org/10.1002/rra.2686>

- Paredes, J. (2013). *Importancia del agua*. Recuperado 29 de agosto de 2021, de <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Pauta-Calle, G., Vázquez, G., Abril, A., Torres, C., Loja-Sari, M., & Palta-Vera, A. (2020). Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 11(2), 46-57. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>
- Peña, E. (2007). *Calidad de agua trabajo de investigación oxígeno disuelto (OD) [Escuela superior Politécnica del Litoral]*. <https://docplayer.es/11991121-Calidad-de-agua-trabajo-de-investigacion-oxigeno-disuelto-od-escuela-superior-politecnica-del-litoral-ing-en-auditoria-y-control-de-gestion.html>
- Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Font, M., Zamora, E., Córdova, A., & Acosta, K. (2016). *Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana*. <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>
- Pérez, L. R. (2015). *Lagos, lagunas y embalses (reservorios) | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management* Recuperado 31 de agosto de 2021, de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/fuentes-de-abastecimiento-de-agua/lagos%2C-lagunas-y-embalses-%28reservorios%29>
- Pradillo, B. (2016). Parámetros de control del agua potable [Text]. *iagua*. <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Quichimbo, M., & Abad, J. (2019). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Quingeo. *Gobierno parroquial Quingeo*, 62. <http://www.quingeo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/resumen-PDOT-QUINGEO-2019.pdf>
- Raffino, M. E. (2020). *Método Analítico—Concepto, características y ejemplos*. Concepto.de. <https://concepto.de/metodo-analitico/>
- Raffo-Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. C. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>

- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236-247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán-Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical (2a. ed)*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Rusydi, A. F. (2018). Correlation between conductivity and total dissolved solid in various types of water: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118, 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019>
- Salmerón-López, A., Geada López, G., & Fagilde Espinoza, M. del C. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional: Aplicación a un bosque semidecíduo micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque (Valdivia)*, 38(3), 457-466. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>
- Sánchez-Herrera, Marjorie Josefina (2005). El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce principal del río Pamplonita Norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 3(2), 54-67. [fecha de Consulta 16 de enero de 2022]. ISSN: 0120-4211. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90330207>
- Urbina, J. A. J., & Solano, J. A. V. (2020). Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización. *Informador Técnico*, 84(2), 249-263. <https://doi.org/10.23850/22565035.2305>
- Valdés, J., Samboni, N., & Carbajal, Y. (2011). Desarrollo de un Indicador de la Calidad del Agua usando Estadística Aplicada, Caso de Estudio: Subcuenca Zanjón Oscuro. *Tecnológicas*, 165-180. <https://doi.org/10.22430/22565337.60>

- Villena-Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304-308.
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Yang, D., Yang, Y., & Xia, J. (2021). Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review. *Geography and Sustainability*, 2(2), 115-122.
<https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.003>

15. ANEXOS

15.1 Anexo A. Resultados de los índices aplicados en el mes de noviembre.

Índice y especies encontradas en la comunidad de Pillachiquir.

Noviembre										
Información										
Fecha de recolección:	27/11/2021	Lugar:	Pillachiquir	Coordenadas:	X	724906.56	Y	9658488.14	Altitud	2816
Fecha de identificación:	28/11/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Vivalvia	Venerodia	Sphaeriidae	12	8	3	-	1.57		
2	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	6	8	3	-			
3	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	6	3	3	-			
4	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	74	7	6	-			
5	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	14	6	5	-			
6	Oligochaeta			12	1	1	-			
7	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	6	9	8	6			
7	Insecta	Plecóptera	Perlidae	4	10	10	4			
7	Insecta	Coleóptera	Staphylinidae	2	8	3	-	1.57		
TOTAL				136	60	42	10	1.57		
Resultados					III	REGULAR	7.35%	POCO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Caspicorral.

Noviembre										
Información										
Fecha de recolección:	27/11/2021	Lugar:	Caspicorral	Coordenadas:	X	725887.29	Y	9660472.74	Altitud	2829
Fecha de identificación:	28/11/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	52	7	6	-	1.25		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	19	6	5	-			
3	Oligochaeta			9	1	1	-			
4	Insecta	Odonata	Aeshnidae	1	6	6	-			
5	Insecta	Diptera	Muscidae	1	4	2	-			
6	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	4	8	3	-			
7	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4	7	4	4			
TOTAL				90	39	27	4	1.25		
Resultados					III	MALO	4.44%	POCO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Macas centro.

Noviembre										
Información										
Fecha de recolección:	27/11/2021	Lugar:	Macas Centro	Coordenadas:	X	728324.63	Y	9663774.41	Altitud	2742
Fecha de identificación:	28/11/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	45	7	6	-	1.21		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	10	6	5	-			
3	Oligochaeta			11	1	1	-			
4	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	4	9	8	4			
5	Insecta	Plecóptera	Perlidae	6	10	10	6			
TOTAL				76	33	30	10	1.21		
Resultados					IV	MALO	13.16%	POCO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Quingeo centro.

Noviembre										
Información										
Fecha de recolección:	27/11/2021	Lugar:	Quingeo Centro	Coordenadas:	X	724906.56	Y	9658488.14	Altitud	2816
Fecha de identificación:	28/11/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	34	7	6	-	1.16		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	9	6	5	-			
3	Oligochaeta			13	1	1	-			
4	Gordioidea		Gordiidae	1	10	-	-			
5	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	3	9	8	3			
TOTAL				60	33	20	3	1.16		
Resultados					IV	MALO	5.00%	POCO		

15.2 Anexo B. Resultados de los índices aplicados en el mes de diciembre.

Índice y especies encontradas en la comunidad de Pillachiquir.

Diciembre										
Información										
Fecha de recolección:	30/12/2021	Lugar:	Pillachiquir	Coordenadas:	X	724906.56	Y	9658488.14	Altitud	2816
Fecha de identificación:	31/12/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	185	7	6	-	1.30		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	54	6	5	-			
3	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	33	8	3	-			
4	Oligochaeta			12	1	1	-			
5	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	4	-	-			
6	Vivalvia	Venerdia	Sphaeriidae	14	8	3	-			
7	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	2	9	8	2			
8	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	3	3	3	-			
9	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	5	8	3	-			
10	Insecta	Ephemeroptera	leptophlebiidae	1	9	10	1			
TOTAL				310	63	42	3	1.30		
Resultados					II	REGULAR	0.97%	POCO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Caspicorral.

Diciembre										
Información										
Fecha de recolección:	30/12/2021	Lugar:	Caspicorral	Coordenadas:	X	725887.29	Y	9660472.74	Altitud	2829
Fecha de identificación:	31/12/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	529	7	6	-	0.80		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	117	6	5	-			
3	Oligochaeta			11	1	1	-			
4	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	4	8	3	-			
5	Insecta	Odonata	Aeshnidae	4	6	6	-			
6	Insecta	Ephemeroptera	leptophlebiidae	9	9	10	9			
7	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	10	8	3	-			
8	Vivalvia	Venerdia	Sphaeriidae	6	8	3	-			
9	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	4	-	-			
TOTAL				691	57	37	9	0.80		
Resultados					III	REGULAR	1.30%	POCO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Macas centro.

Diciembre										
Información										
Fecha de recolección:	30/12/2021	Lugar:	Macas Centro	Coordenadas:	X	728324.63	Y	9663774.4	Altitud	2742
Fecha de identificación:	31/12/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/CoI	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	60	7	6	-	1.43		
2	Oligochaeta			28	1	1	-			
3	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	2	9	8	2			
4	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	21	6	5	-			
5	Insecta	Odonata	Libellulidae	1	5	6	-			
6	Insecta	Plecoptera	Perlidae	4	10	10	4			
7	Insecta	Diptera	Siphidae	1	2	1	-			
8	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	3	8	3	-			
9	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	3	7	4	3			
TOTAL				123	55	44	9	1.43		
Resultados					III	REGULAR	7.32%	POCO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Quingeo centro.

Diciembre										
Información										
Fecha de recolección:	30/12/2021	Lugar:	Quingeo Centro	Coordenadas:	X	724906.56	Y	9658488.1	Altitud	2816
Fecha de identificación:	31/12/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/CoI	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	93	7	6	-	1.00		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	5	6	5	-			
3	Insecta	Odonata	Aeshnidae	1	6	6	-			
4	Oligochaeta			10	1	1	-			
5	Insecta	Ephemeroptera	leptophlebiidae	2	9	10	2			
6	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1	4	5	-			
7	Insecta	Plecoptera	Perlidae	13	10	10	13			
8	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	2	9	8	2			
TOTAL				127	52	51	17	1.0		
Resultados					III	REGULAR	13.39%	POCO		

15.3 Anexo C. Resultados de los índices aplicados en el mes de enero.

Índice y especies encontradas en la comunidad de Pillachiquir.

Enero										
Información										
Fecha de recolección:	29/1/2021	Lugar:	Pillachiquir	Coordenadas:	X	724906.56	Y	9658488.14	Altitud	2816
Fecha de identificación:	30/1/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia	Índice					
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/CoI	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	212	7	6	-	1.59		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	44	6	5	-			
3	Oligochaeta			17	1	1	-			
4	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	3	9	8	3			
5	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	11	3	3	-			
6	Insecta	Plecoptera	Perlidae	30	10	10	30			
7	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	24	8	3	-			
8	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	13	8	3	-			
9	Insecta	Diptera	Simuliidae	14	8	5	-			
10	Vivalvia	Venerodia	Sphaeriidae	14	8	3	-			
TOTAL				382	68	47	33	1.59		
Resultados					II	REGULAR	8.64%	BAJO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Caspicorral.

Enero										
Información										
Fecha de recolección:	29/1/2021	Lugar:	Caspicorral	Coordenadas:	X	725887.29	Y	9660472.74	Altitud	2829
Fecha de identificación:	30/1/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia		Índice				
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	765	7	6	-	0.73		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	27	6	5	-			
3	Oligochaeta			9	1	1	-			
4	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	3	8	3	-			
5	Vivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	3	8	3	-			
6	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	12	8	3	-			
7	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	4	9	8	4			
8	Insecta	Diptera	Simuliidae	11	8	5	-			
9	Insecta	Plecoptera	Perlidae	28	10	10	28			
10	Insecta	Odonata	Libellulidae	7	5	6	-			
11	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	32	9	10	32			
TOTAL				901	79	60	64	0.73		
Resultados					II	BUENO	7.10%	BAJO		

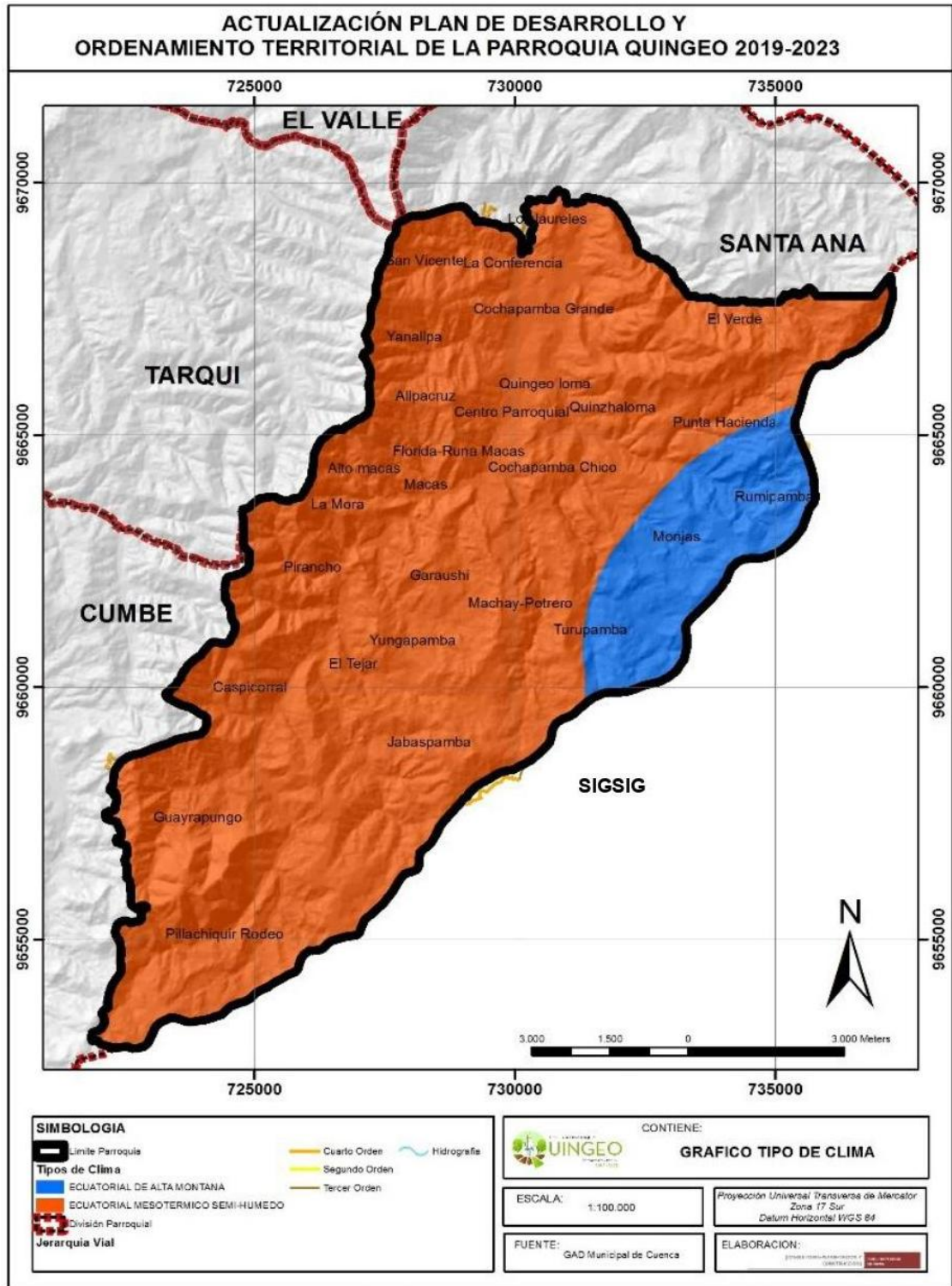
Índice y especies encontradas en la comunidad de Macas centro.

Enero										
Información										
Fecha de recolección:	29/1/2021	Lugar:	Macas Centro	Coordenadas:	X	728324.63	Y	9663774.41	Altitud	2742
Fecha de identificación:	30/1/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia		Índice				
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	180	7	6	-	1.26		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	1	6	5	-			
3	Oligochaeta			34	1	1	-			
4	Insecta	Odonata	Libellulidae	1	5	6	-			
5	Insecta	Plecoptera	Perlidae	41	10	10	41			
6	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	20	9	10	20			
7	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	5	8	3	-			
8	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	2	7	5	-			
9	Insecta	Diptera	Simuliidae	7	8	5	-			
10	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	9	8	1			
TOTAL				292	70	59	62	1.26		
Resultados					II	BUENO	21.23%	BAJO		

Índice y especies encontradas en la comunidad de Quingeo centro.


Enero										
Información										
Fecha de recolección:	29/1/2021	Lugar:	Quingeo Centro	Coordenadas:	X	724906.56	Y	9658488.14	Altitud	2816
Fecha de identificación:	30/1/2021	Hora:	8-16 H	Responsable:	Cesar Garcia					
Taxonomía				Abundancia		Índice				
Nº	Clase	Orden	Familia	Nº Especies	BMWP/Col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER		
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	119	7	6	-	1.27		
2	Turbellaria	Tricladida	Dugesidae	25	6	5	-			
3	Oligochaeta			6	1	1	-			
4	Insecta	Odonata	Libellulidae	2	5	6	-			
5	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10	9	10	10			
6	Insecta	Plecoptera	Perlidae	89	10	10	89			
7	Insecta	Diptera	Tabanidae	1	5	4	-			
8	Insecta	Lepidoptera	Noctuidae	1	-	-	-			
9	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1	7	5	-			
TOTAL				254	50	47	99	1.27		
Resultados					III	REGULAR	38.98%	BAJO		

15.4 Anexo D. Tipo de clima en la Microcuenca del río Quingeo.



Fuente: (Ministerio de Medio Ambiente)

15.5 Anexo E. Registro fotográfico.

		
<p>a) Recolección de macroinvertebrados en el río Quingeo.</p>	<p>b) Delimitación del transecto para la recolección de macroinvertebrados.</p>	<p>c) Recolección de macroinvertebrados en el río Quingeo.</p>
		
<p>d) Separación de macroinvertebrados del material biológico.</p>	<p>e) Separación por clase, orden, familia e identificación.</p>	<p>f) Muestras identificadas de macroinvertebrados.</p>

		
<p>g) Total, de muestras identificadas de macroinvertebrados</p>	<p>h) Toma de muestras de agua para laboratorio.</p>	<p>i) Toma de muestras de agua para laboratorio.</p>
		
<p>j) Multiparámetro para calidad de agua PH-3508</p>	<p>k) Medición de parámetros <i>in situ</i>.</p>	<p>l) Medición de parámetros <i>in situ</i>: pH, EC, TDS, TEMP Agua, TEMP Ambiente.</p>

15.6 Anexo F. Resultado de análisis físicoquímico y microbiológico de laboratorio.

 IHTALAB <small>Laboratorio de Calidad de Agua</small>	LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACION DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
	CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.	OA:22-001	Fecha de Emisión del Informe:	2022-01-10	Revisión 02	
CLIENTE:	Ing. César García		RUC:	1309878377	
DIRECCION:	Quingeo		TELEFONOS:	0994553687	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	P01 Pillachiquir				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		IHTALAB ()	CLIENTE (X)	OTRO ()
Fecha de Recolección de muestras:	2022-01-03	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida	
Fecha de Recepción de muestras:	2022-01-03	Hora recepción:	13:00:00 p. m.		
Fecha de Inicio de Ensayos:	2022-01-03	Fecha Fin de Ensayos:	2022-01-10		

RESULTADO ANALISIS DE AGUA

AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 22-001	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	8	N/A	1 - 6000 mg/l
	Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	20	N/A	4 - 10000 mg/l
	Coliformes Totales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	> 1600	N/A	1 - 24200000 NMP/100ml
	Coliformes Fecales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	240	1000	1 - 24200000 NMP/100ml
	Nitrato	APHA 4500 NO3B / PE - 13	mg/l	2.3	N/A	1 - 300 mg/l
	Turbidez	APHA 2540 C / PE - 17	NTU	48	N/A	0.1 - 1000 NTU

NOTAS:	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTARIA Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:   <small>Firmado electrónicamente por:</small> CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS Azogues, lunes 10 de enero de 2022
--



 IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua	LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACION DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
	CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.	OA:22-002	Fecha de Emisión del Informe:	2022-01-10	Revisión 02	
CLIENTE:	Ing. César García		RUC:	1309878377	
DIRECCION:	Quingeo		TELEFONOS:	0994553687	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	P02 Caspicorral				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		IHTALAB ()	CLIENTE (X)	OTRO ()
Fecha de Recolección de muestras:	2022-01-03	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida	
Fecha de Recepción de muestras:	2022-01-03	Hora recepción:	13:00:00 p. m.		
Fecha de Inicio de Ensayos:	2022-01-03	Fecha Fin de Ensayos:	2022-01-10		

RESULTADO ANALISIS DE AGUA

AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 22-002	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	6	N/A	1 - 6000 mg/l
	Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	15	N/A	4 - 10000 mg/l
	Coliformes Totales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	>1600	N/A	1 - 24200000 NMP/100ml
	Coliformes Fecales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	240	1000	1 - 24200000 NMP/100ml
	Nitrato	APHA 4500 NO3B / PE - 13	mg/l	1.4	N/A	1 - 300 mg/l
	Turbidez	APHA 2540 C / PE - 17	NTU	55.8	N/A	0.1 - 1000 NTU

NOTAS:	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:



Informe aprobado y autorizado por:   Firmado electrónicamente por CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS Azogues, lunes 10 de enero de 2022
--

 IHTALAB <small>Laboratorio de Calidad de Agua</small>	LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACION DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
	CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.	OA:22-003	Fecha de Emisión del Informe:	2022-01-10	Revisión 02	
CLIENTE:	Ing. César García		RUC:	1309878377	
DIRECCION:	Quíngeo		TELEFONOS:	0994553687	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	P03 Macas Centro				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		IHTALAB ()	CLIENTE (X)	OTRO ()
Fecha de Recolección de muestras:	2022-01-03	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida	
Fecha de Recepción de muestras:	2022-01-03	Hora recepción:	13:00:00 p. m.		
Fecha de Inicio de Ensayos:	2022-01-03	Fecha Fin de Ensayos:	2022-01-10		

RESULTADO ANALISIS DE AGUA

AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 22-003	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	18	N/A	1 - 6000 mg/l
	Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	50	N/A	4 - 10000 mg/l
	Coliformes Totales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	> 1600	N/A	1 - 24200000 NMP/100ml
	Coliformes Fecales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	130	1000	1 - 24200000 NMP/100ml
	Nitrato	APHA 4500 NO3B / PE - 13	mg/l	3.7	N/A	1 - 300 mg/l
	Turbidez	APHA 2540 C / PE - 17	NTU	115	N/A	0.1 - 1000 NTU

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con la tabla
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:   <small>Firmado electrónicamente por:</small> CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS
Azogues, lunes 10 de enero de 2022



 IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua	LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACION DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
	CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.	OA: 22-004	Fecha de Emisión del Informe:	2022-01-10	Revisión 02	
CLIENTE:	Ing. César García		RUC:	1309878377	
DIRECCION:	Quíngeo		TELEFONOS:	0994553687	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	P04 Quíngeo centro				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		IHTALAB ()	CLIENTE (X)	OTRO ()
Fecha de Recolección de muestras:	2022-01-03	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Quando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida	
Fecha de Recepción de muestras:	2022-01-03	Hora recepción:	13:00:00 p. m.		
Fecha de Inicio de Ensayos:	2022-01-03	Fecha Fin de Ensayos:	2022-01-10		

RESULTADO ANALISIS DE AGUA

AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 22-004	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	No detectable	N/A	1 - 6000 mg/l
	Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D / PE - 08	mg/l	11	N/A	4 - 10000 mg/l
	Coliformes Totales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	> 1600	N/A	1 - 24200000 NMP/100ml
	Coliformes Fecales	APHA 9223 B / PE - 04	NMP/100ml	79	1000	1 - 24200000 NMP/100ml
	Nitrato	APHA 4500 NO3B / PE - 13	mg/l	0.95	N/A	1 - 300 mg/l
	Turbidez	APHA 2540 C / PE - 17	NTU	149	N/A	0.1 - 1000 NTU

NOTAS:	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:



Informe aprobado y autorizado por:   Firmado electrónicamente por CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS
Azogues, lunes 10 de enero de 2022

15.7 Anexo G. Aval de Traducción.