



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”

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

Autores:

Bautista Bautista Omar Emerson
Uñog Moposita Joel Mauricio

Tutor:

Ágreda Oña José Luis

LATACUNGA – ECUADOR

Mayo 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Bautista Bautista Omar Emerson con cédula de ciudadanía No. 1723763890; y, Uñog Moposita Joel Mauricio, con cédula de ciudadanía No. 1804435525, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, siendo el Ingeniero Mg. Ágreda Oña José Luis, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

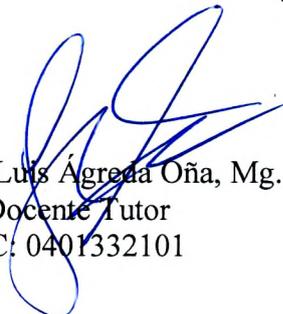
Latacunga, 04 de mayo del 2023



Omar Emerson Bautista Bautista
Estudiante
CC: 1723763890



Joel Mauricio Uñog Moposita
Estudiante
CC: 1804435525


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

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **BAUTISTA BAUTISTA OMAR EMERSON** identificado con cédula de ciudadanía **1723763890** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte el Doctor 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 Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, 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: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Abril 2023 - Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de Noviembre del 2022

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Tema: “ **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 04 días del mes de mayo del 2023.


Omar Emerson Bautista Bautista
EL CEDENTE

Dr. Fabricio Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **UÑO G MOPOSITA JOEL MAURICIO** identificado con cédula de ciudadanía **1804435525** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte el Doctor 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 Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, 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: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Abril 2023 – Agosto 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de Noviembre del 2022

Tutor: Ing. José Luis Ágre da Oña, Mg.

Tema: “ **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”

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:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 04 días del mes de mayo del 2023.


Joel Mauricio Uñog Moposita
EL CEDENTE

Dr. Fabricio Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de **Bautista Bautista Omar Emerson** y **Uñog Moposita Joel Mauricio** de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 04 de mayo del 2023



Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

DOCENTE TUTOR

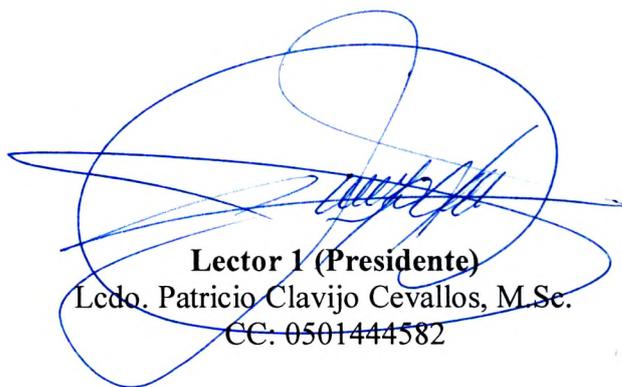
CC: 040133210-1

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

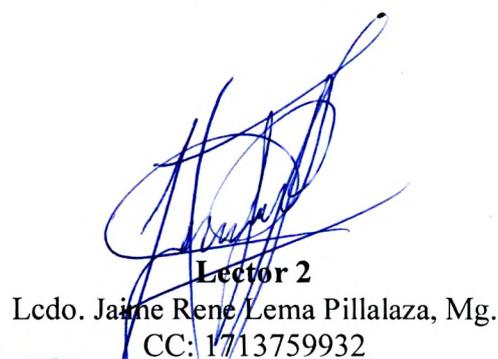
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: **Bautista Bautista Omar Emerson** y **Uñog Moposita Joel Mauricio**, con el título del Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

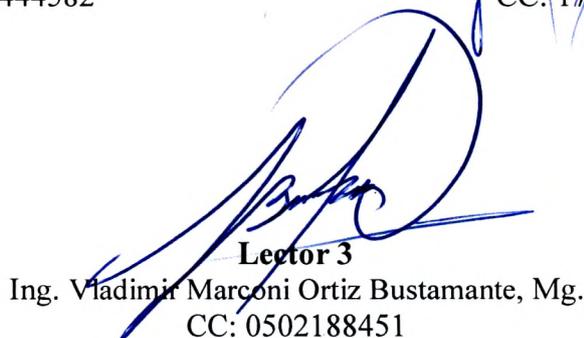
Latacunga, 04 de mayo del 2023



Lector 1 (Presidente)
Lcdo. Patricio Clavijo Cevallos, M.Sc.
CC: 0501444582



Lector 2
Lcdo. Jaime René Lema Pillalaza, Mg.
CC: 1713759932



Lector 3
Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante, Mg.
CC: 0502188451

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la vida y la sabiduría necesaria para cumplir cada una de mis metas propuestas, y a mi familia por creer en mí y ser un apoyo incondicional en mi carrera universitaria

Mi formación académica se la debo a varios docentes de la institución ya que fueron quienes aportaron con sus conocimientos, consejos y a la vez motivación en el transcurso de mi carrera.

Bautista Bautista Omar Emerson

Agradezco a Dios por brindarme salud y permitirme cumplir los retos que me he propuesto en el transcurso de mi formación académica, de igual manera agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, su guía y confianza en mí.

Agradezco profundamente a los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes han dedicado su tiempo y paciencia para guiarme e instruirme con sus conocimientos, enseñanzas y experiencias, durante mi proceso académico.

Uñog Moposita Joel Mauricio

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres y familiares, que han sido parte fundamental en mi vida, que han sido mi motivación para salir adelante y luchar por cada uno de mis sueños.

A todos mis amigos y conocidos que gracias a Dios me permitió conocerlos durante mi carrera universitaria, nunca me dejaron solo cuando más lo necesite, fueron mi apoyo durante mi vida universitaria.

Bautista Bautista Omar Emerson

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres, quienes han sido la razón principal de mi esfuerzo y dedicación, ya que siempre pusieron su confianza en mí y no echaron su mano a torcer en los momentos más difíciles.

Se lo dedico a mis amigos, compañeros y personas que conocí en el transcurso de mi formación, a mi pareja que fue quien me brindo sus palabras de aliento para no rendirme, y fue mi apoyo a lo largo de mi carrera universitaria.

Uñog Moposita Joel Mauricio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

AUTORES: Bautista Bautista Omar Emerson
Uñog Moposita Joel Mauricio

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en los meses de diciembre 2022 y febrero 2023, en los cuales se evaluó la calidad de agua para riego de los ríos Providencia y del Pongo, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores e índices biológicos (Biological Monitoring Working Party, Índice Biológico Andino y el índice de biodiversidad Shannon Weaver); para esto se determinaron seis puntos de muestreo (Punto Bajo - Benito Pamba, Punto Medio - Rodeo Loma, Punto Alto - Chinchil, Punto Bajo - Troje Guasha, Punto Medio - Era Loma, Punto Alto - Quilag). Luego de haber realizado la toma de muestras y analizarlas, se identificó un total de 538 individuos de macroinvertebrados acuáticos en el río Providencia en los dos meses, en el río del Pongo un total de 593 macroinvertebrados en los dos meses. Distribuidos en 14 familias; mediante el cálculo del índice Biological Monitoring Working Party de ambos ríos en los meses de diciembre y febrero se obtuvo como resultado una calidad de agua Aceptable. Por otro lado el Índice Biológico Andino arroja una calidad de agua Regular en los dos afluentes, correspondientes al mes de febrero. Tras el cálculo del índice de biodiversidad Shannon Weaver en el río Providencia en los dos meses se obtuvo un promedio de 2,08, y en el río del Pongo en los dos meses correspondientes el promedio fue 2,27, los cuales expresan una diversidad media. En los resultados de los análisis físico químicos aplicados en los dos ríos en el mes de diciembre se demostró que ninguno de los parámetros evaluados exceden los rangos de límites máximos permisibles. Realizando la comparación con la Tabla 4 del Anexo I del Libro VI del TULSMA, de parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego, en el mes de febrero el Punto Alto del Río Providencia Chinchil el parámetro pH excede el valor del rango permitido, debido a que el agua se encuentra expuesta a contaminantes como productos químicos y pesticidas agrícolas, de los cultivos de la zona. Con los resultados obtenidos se determinó que la calidad ambiental del agua va desde Regular hasta Aceptable, por lo tanto si es apta para el uso de riego.

Palabras clave: Agua, Bioindicadores, Calidad Ambiental, Índices Biológicos, Macroinvertebrados.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES FACULTY

TOPIC: “WATER QUALITY DETERMINATION FOR IRRIGATION BY MEANS BIOINDICATORS IN THE PROVIDENCIA AND PONGO RIVERS, LOCATED EAST FROM LOS ILINIZAS ECOLOGICAL RESERVE, BELONGING TO THE LATACUNGA CANTON, IN THE COTOPAXI PROVINCE”.

AUTHOR: Bautista Bautista Omar Emerson
Uñog Moposita Joel Mauricio

ABSTRACT

The current study was developed in the 2022 December months and 2023 February, which were assessed the water quality for irrigation from Providencia and Pong rivers, using macroinvertebrates as bioindicators and biological indices (Biological Monitoring Working Party, Andean Biological Index and the Shannon Weaver Biodiversity Index); for this, it was determined six sampling points (Punto Bajo - Benito Pamba, Punto Medio - Rodeo Loma, Punto Alto - Chinchil, Punto Bajo - Troje Guasha, Punto Medio - Era Loma, Punto Alto - Quilag). Then, to have made the take samples and analyzing them, it was identified an aquatic macroinvertebrates 538 individuals total in the Providencia River in the two months, in the Pongo River a 593 macroinvertebrates total in the two months. Distributed in 14 families, by calculating the Biological Monitoring Working Party index both rivers in the December and February months, it was got as a result an Acceptable water quality. On the other hand, the Andean Biological Index throws a Regular water quality in the two tributaries, corresponding to the February month. After calculation the Shannon Weaver biodiversity index in the Providencia River in the two months, it was got a 2.08 average, and in the Pongo River in the two corresponding months the average was 2.27, which express a media diversity. In the physical-chemical analyzes results applied in the two rivers in the December month, it was shown that none the assessed parameters exceed the maximum permissible limits ranges. Making the comparison with Annex I Table 4 TULSMA Book VI, of water quality levels parameters for irrigation, in the February month at the Providencia Chinchil River High Point the pH parameter exceeds the allowed range value, due to the water is exposed to contaminants, such as agricultural chemicals and pesticides from crops in the area. With the got results, it was determined, what the water environmental quality ranges from Regular to Acceptable, therefore, if it is suitable for irrigation use.

Keywords: Water, bioindicators, environmental quality, biological indices, macroinvertebrates.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE ANEXOS	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS	5
5.1. General	5
5.2. Específicos	6
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	7
7.1 El agua	7
7.2 Calidad del Agua	9
7.3 Contaminación de fuentes hídricas	9
7.4 Contaminación química del agua	10

7.4.1 Dureza	11
7.4.2 Calcio	11
7.4.3 Magnesio	11
7.5 Bioindicadores (macroinvertebrados)	12
7.6 Índices biológicos de calidad de agua	13
7.7 Índices de calidad de agua mediante bioindicadores	13
7.7.1 BMWP (Biological Monitoring Working Party)	13
7.7.2 ABI (Andean Biotic Index)	14
7.8 Índice de diversidad de Shannon-Weaver	16
7.9 Propiedades e indicadores de calidad de agua	16
7.9.1 Parámetros Físicos	16
7.9.1.1 Temperatura (T)	16
7.9.1.2 pH	16
7.9.2 Parámetros Químicos	17
7.9.2.1 Conductividad Eléctrica (CE)	17
7.9.2.2 Relación de Absorción de Sodio (RAS)	17
7.9.2.3 Diagrama de Wilcox	18
7.9.3 Parámetros del índice de calidad de agua	18
7.9.3.1 ICA-NSF	18
7.9.3.2 Oxígeno Disuelto	18
7.9.3.3 Coliformes fecales	18
7.9.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	18
7.9.3.5 Nitratos	19
7.9.3.6 Fosfatos	19
7.9.3.7 Turbiedad	19
7.9.3.8 Sólidos Disueltos Totales	19
8. BASE LEGAL	19

8.1 Constitución de la República del Ecuador	19
8.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)	20
8.3 Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua	20
8.4 TULSMA	21
9. PREGUNTA CIENTÍFICA	22
10. DISEÑO METODOLÓGICO	22
10.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
10.1.1 Investigación Descriptiva	22
10.1.2 Investigación de Campo	23
10.2 ENFOQUES	23
10.2.1 Enfoque de la investigación	23
10.2.2 Enfoque cualitativo	23
10.2.3 Enfoque cuantitativo	23
10.3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	23
10.3.1 Observación	23
10.3.2 Experimental	24
10.3.3 Fichaje	24
10.4.1 GPS	24
10.4.2 Fotografías	24
10.4.3 Microscopio	24
10.5 SOFTWARE	25
11 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	25
11.1 Ubicación del área de estudio	25
11.2 FASE DE CAMPO	26
11.2.1 Identificación y caracterización de los puntos de muestreo	26
11.2.2 Recolección de macroinvertebrados	27
11.3 Recolección de muestras para el análisis físico químico.	28

11.4 Fase de Laboratorio	29
11.4.1 Análisis de Macroinvertebrados	29
11.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE BMWP	29
11.6 CÁLCULO DEL ÍNDICE ABI	30
11.7 CÁLCULO DEL ÍNDICE SHANNON	31
12. RESULTADOS	32
12.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
• Río Providencia Punto Bajo	32
• Río Providencia Punto Medio	32
• Río Providencia Punto Alto	32
• Río del Pongo Punto Bajo	32
• Río del Pongo Punto Medio	32
• Río del Pongo Punto Alto	32
12.1.1 Aspectos físicos	33
• Topografía	33
• Hidrología	33
• Clima	33
• Suelo	33
• Precipitación	33
• Altitud	34
• Área de conservación	34
12.2 Calidad de agua de los Ríos Providencia y del Pongo por medio de bioindicadores.	35
12.3 Comparación de los resultados Físico – Químicos.	42
12.4 DIAGRAMA DE WILCOX	48
13. DISCUSIÓN	50

13.1 Caracterización del área de estudio	50
13.2 Macroinvertebrados como bioindicadores	50
13.3 Parámetro Físico – Químico.	52
14. RESPUESTA A LA PREGUNTA CIENTÍFICA	53
15. IMPACTOS	53
15.1 Sociales	53
15.2 Ambientales	53
15.3 Económicos	54
16. CONCLUSIONES	54
17. RECOMENDACIONES	55
18. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
Referencias	56
19. ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación	4
Tabla 2. Actividades realizadas en función de los objetivos específicos planteados	6
Tabla 3. Puntaje de cada familia de macroinvertebrados según el índice BMWP.	14
Tabla 4. Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según el Índice ABI	15
Tabla 5. Parámetros de los niveles de calidad de agua para riego, Anexo I del Libro VI del TULSMA.	21
Tabla 6. Coordenadas geográficas de los ríos	27
Tabla 7. Valores asignados por medio del método BMWP	30
Tabla 8. Puntajes para Calidad de Agua según el Índice ABI	31
Tabla 9. Valoración del Índice de biodiversidad Shannon Weaver	31
Tabla 10. Resultados de la calidad de agua del Río Providencia correspondiente al mes de diciembre	35
Tabla 11. Resultados de la calidad de agua del Río Providencia correspondiente al mes de febrero	37
Tabla 12. Resultados de la calidad de agua del Río del Pongo correspondiente al mes de diciembre	39
Tabla 13. Resultados de la calidad de agua del río del Pongo correspondiente al mes de febrero	41
Tabla 14. Comparación de los Resultados Físicos-Químicos del Río Providencia	43
Tabla 15. Comparación de los Resultados Físicos-Químicos del Río Pongo	44
Tabla 16. Tabla Comparativa de los muestreos realizados en el río Providencia diciembre y febrero	46
Tabla 17. Tabla Comparativa de los muestreos realizados en el río del Pongo diciembre y febrero	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en los ríos Providencia y Del Pongo (Toacaso).	26
Figura 2. Mapa de las precipitaciones anuales de la parroquia de Toacaso	34
Figura 3. Familias de macroinvertebrados del Río Providencia en el mes de diciembre	36
Figura 4. Familias de macroinvertebrados del Río Providencia en el mes de febrero	38
Figura 5. Familias de macroinvertebrados del río del Pongo en el mes de diciembre	39
Figura 6. Familias de macroinvertebrados del río del Pongo en el mes de febrero	41
Figura 7. Diagrama de calidad del agua para riego según Wilcox en el mes de diciembre en los dos ríos	48
Figura 8. Diagrama de calidad del agua para riego según Wilcox en el mes de febrero en los dos ríos	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Guía de macro invertebrados encontrados en los ríos Providencia y del Pongo	63
Anexo 2. Resultados de análisis Físicos – Químicos del mes de Diciembre	68
Anexo 3. Resultados de análisis Físicos – Químicos del mes de Febrero	69
Anexo 4. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del río Providencia en el mes de diciembre	70
Anexo 5. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del río Providencia en el mes de diciembre	71
Anexo 6. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del río Providencia en el mes de diciembre	72
Anexo 7. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del río Providencia en el mes de febrero	73
Anexo 8. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del río Providencia en el mes de febrero	74
Anexo 9. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del río Providencia en el mes de febrero	75
Anexo 10. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del Río del Pongo en el mes de diciembre	76
Anexo 11. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del Río del Pongo en el mes de diciembre	77
Anexo 12. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del Río del Pongo en el mes de diciembre	78
Anexo 13. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del Río del Pongo en el mes de febrero	79
Anexo 14. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del Río del Pongo en el mes de febrero	80
Anexo 15. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del Río del Pongo en el mes de febrero	81
Anexo 16. Aval de Traducción	82

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Determinación de la calidad del agua para el uso de riego mediante bioindicadores en los ríos Providencia y del Pongo, ubicados al este de la Reserva Ecológica Los Ilinizas, perteneciente al cantón Latacunga, en la provincia de Cotopaxi.

Fecha de inicio:

Octubre 2022

Fecha de finalización:

Mayo 2023

Lugar de ejecución:

Parroquia Toacaso – Cantón Latacunga – Provincia Cotopaxi - Zona 3

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Ambiental

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Autores:

Bautista Bautista Omar Emerson

Uñog Moposita Joel Mauricio

Lector 1: Lcdo. M.Sc. Patricio Clavijo

Lector 2: Lcdo. Mg. Lema Pillalaza Jaime Rene

Lector 3: Ing. Mg. Ortiz Bustamante Vladimir Marconi

Coordinador del Proyecto:

Nombre/s: Bautista Bautista Omar Emerson

Uñog Moposita Joel Mauricio

Teléfonos: 0997030479 / 0993901806

Correo electrónico:

omar.bautista3890@utc.edu.ec

joel.unog5525@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la diversidad local.

Sub línea de investigación de la carrera:

Impactos Ambientales

Línea de Vinculación:

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

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es uno de los recursos naturales más abundantes en el planeta, y también el responsable del desarrollo de distintas formas de vida: animal, vegetal y el ser humano. En la provincia Cotopaxi, se encuentra La Reserva Ecológica los Ilinizas, que a más de ser un referente geográfico, es donde nace un gran tesoro para los seres humanos el cual es el recurso hídrico, los ríos Providencia y Pongo son de vital importancia para las comunidades aledañas y se busca realizar esta investigación con el propósito de determinar la composición físico-química de ambos afluentes a fin de comprobar si son aptos para el uso en el campo agrícola.

La calidad del agua constituye una variable a controlar en la agricultura de regadío, tanto a nivel fuente como a nivel sumidero. El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión actualizada de la información relacionada con los principales indicadores usados para evaluar la calidad del agua de riego, así como los criterios sobre los procesos que la afectan (Cumbal & Bundschuc, 2016).

El estudio asistirá con sus resultados que se obtengan de los dos ríos de la reserva ecológica los Ilinizas, la calidad del agua estará determinada por la presencia de bioindicadores y mediante análisis físicoquímicos así proporcionando el índice de calidad de agua (ICA NSF) para determinar su estado actual para su uso en sistemas de riego, con la implementación de este estudio se beneficiarán comunidades aledañas a los ríos donde puedan ser utilizados para el riego de sembríos.

Los volúmenes disponibles de agua dulce para uso agrícola y urbano-industrial a nivel mundial han disminuido considerablemente debido al uso excesivo de aguas superficiales y subterráneas destinadas al riego agrícola para la producción de alimentos de una población en constante crecimiento (Quinteros Carabalí y otros, 2019).

Por parte del Gobierno Provincial de Cotopaxi, la Escuela Politécnica Nacional y la Secretaria Nacional del Agua, se han realizado estudios en los cuales se revelaron datos que señalan la presencia de arsénico (As) con concentraciones mayores a 0.1 mg/l principalmente en las vertientes de la Reserva Ecológica Los Ilinizas la misma que se encuentra definida como una zona volcánica que provee el recurso hídrico para consumo humano y riego en el sector el mismo que cuenta con 20.000 habitantes aproximadamente de la parroquia de Toacaso y comunidades del Cantón Saquisilí, estudios que han arrojado resultados excediendo el límite máximo permisible como lo define en la Tabla 3.- Criterios de calidad de aguas para riego agrícola según el Acuerdo Ministerial 097 - A (2015) lo cual ha preocupado a la población que

consume este recurso. Es importante señalar que el proyecto es factible y de acuerdo a las condiciones climáticas y el presupuesto adecuado es funcional (ACUERDO MINISTERIAL, 2015).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1.

Beneficiarios del proyecto de investigación

Beneficiarios Directos		Beneficiarios Indirectos	
Habitantes de la parroquia de Toacaso		Habitantes de la provincia de Cotopaxi	
Hombres:	3.738	Hombres:	198.605
Mujeres:	3.947	Mujeres:	210.580
Total:	7.685	Total:	409.205

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010)

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad el problema de la contaminación en los ríos en diferentes localidades viene siendo un tema de investigación al cual no se le da mucha importancia, provocando la falta de proyectos donde el principal objetivo se centre en solventar los niveles de contaminación causados de manera antropogénica o natural.

Se comprende que el consumo de aguas contaminadas causa un sin número de enfermedades que a lo largo del tiempo pueden llegar a provocar enfermedades cancerígenas debido a los agentes contaminantes presentes.

En la parte de la agricultura se suele usar el agua de los ríos para riego sin tener conocimiento de su carga contaminante, si este recurso no es tratado o no se encuentra dentro de los límites permisibles no puede ser distribuida, ya que los agentes contaminantes se transmiten a los cultivos y no son aptos para el consumo humano. Por lo cual estamos vulnerables a cualquier tipo de enfermedades por consumo de productos contaminados con un alto riesgo (Guilcamagua & Chancusig, 2019).

La parroquia Toacaso es una potente fuente de producción de cultivos para autoconsumo, mercado local y nacional, por lo cual existen grandes extensiones de terrenos dedicados a esta actividad (Fiallos Heredia, 2005). Por esta razón que se ve la necesidad de

determinar cuál es la calidad del agua en la que se encuentran los ríos Providencia y del Pongo, ya que son dos de los principales afluentes que atraviesan por las zonas de cultivo de este sector.

La contaminación del agua altera su calidad y su estructura natural a causa de la anexión de microorganismos, aceites, sedimentos vertidos industriales, fertilizantes, pesticidas y por otro lado, también es originada por fuentes naturales como la presencia de metales pesados elementos naturales de la corteza terrestre como: productos de la meteorización, tratamiento de rocas o por exposiciones volcánicas como es el caso del arsénico (As) catalogado a nivel global como un problema relevante debido a su toxicidad y afectaciones en la salud humana (Bochardt & Walton, 2017).

La calidad del agua para riego está condicionada por las sales (cantidad y tipo) y sedimentos que la constituyen. Es de suma importancia conocer sus características, ya que influye en las propiedades edáficas, aumentando su salinidad y, en consecuencia, afectando el rendimiento de los cultivos. En este sentido, la tolerancia a la sal es un rasgo agronómicamente importante que está recibiendo cada vez más atención entre los diferentes grupos de investigación en el mundo (Masseroni y otros, 2018).

Entre los elementos que una parte fundamental en el medio ambiente, el recurso hídrico es esencial para toda forma de vida es el resultado vulnerable y estratégico, pues sostiene el desarrollo y nuestro medio ambiente. Este recurso es vulnerable a sufrir impactos actualmente desarrollados por los fenómenos de cambios climáticos contaminación desertificación deforestación y sequías derivadas de prácticas inadecuadas que inciden en el ciclo hidrológico requiriendo una mejor administración para propiciar su uso racional alcanzable solo con una adecuada gestión (Ramirez, 2016).

El agua es una de las sustancias líquidas más importantes que a través de la misma el arsénico ingresa en el cuerpo humano. El arsénico (As) puede estar disponible en el agua en estados de oxidación variables que puede convivir en el medio con otros metales como (Fe, Cu, Ni, Zn, entre otros) y minerales de sulfuro u oxido (Galindo y otros, 2016).

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar la calidad de agua para el uso de riego mediante bioindicadores, en los ríos Providencia y Del Pongo ubicados al este de la Reserva Ecológica Los Ilinizas, en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

5.2. Específicos

- Caracterizar el área de estudio mediante puntos de muestreo.
- Determinar la calidad del agua de los ríos Providencia y Del Pongo, mediante los índices biológicos Biological Monitoring Working Party/ Colombia (BMWP/col), Índice Biológico Andino (ABI).
- Comparar los resultados de los análisis físico químicos con la normativa ambiental vigente.

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

A continuación se describen las actividades que se van a desarrollar en la presente investigación.

Tabla 2.

Actividades realizadas en función de los objetivos específicos planteados

OBJETIVO 1	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Caracterizar el área de estudio mediante puntos de muestreo	Delimitación el área.	Georreferenciación de los puntos de estudio con el apoyo de herramientas básicas como el GPS y el software ArcGIS.	Seis puntos de muestreo georreferenciados.
	Visitas in situ al área de estudio.		Mapa de la zona de estudio.
	Selección de los puntos de estudio.		
OBJETIVO 2	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar la calidad del agua de los ríos Providencia y Del Pongo, mediante los índices	Cálculo los índices biológicos	Ponderar los bio indicadores según su clasificación	Calidad del agua mediante índices biológicos.

biológicos Monitoring Party/ (BMWP/col), Biológico Andino (ABI).	Biological Working Colombia Índice	BMWP/col, y ABI.	taxonómica para calcular los índices.
OBJETIVO 3	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Comparar los resultados de los análisis físico químicos con la normativa ambiental vigente.	Análisis de cada parámetro obtenido en el laboratorio.	Tabular los datos que arrojó el laboratorio y comparar con los límites máximos permisibles según la ley ambiental vigente.	Tablas comparativas

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1 El agua

Apoyándonos en la definición que la Real Academia Española tiene sobre el agua, podemos decir que es una sustancia líquida transparente, inodora e insípida en estado puro, sus moléculas se encuentran formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales (Real Academia Española, 2021).

Para ser específicos, el agua cubre más del 70% de la superficie del planeta, entre océanos, lagos, ríos, en el aire y en el suelo. En los océanos se encuentra casi el 97,5% de agua del planeta. Únicamente un 2,5% corresponde al agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%, que se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%) (Fernández Cirelli, 2012).

El agua es un componente vital de todos los organismos vivos y se utiliza para una variedad de propósitos, incluida la hidratación, la limpieza, la agricultura y la producción de energía.

Es la única sustancia que puede existir en los tres estados de la materia (líquido, sólido y gas) que se produce naturalmente en la Tierra. El agua en forma sólida, el hielo, es menos densa que el agua líquida, por lo que el hielo flota. No tiene color, sabor ni olor. Tiene un punto de congelación de cero grados centígrados y un punto de ebullición de 100 grados centígrados. El agua en la Tierra está en constante cambio y movimiento. El agua tiene un alto índice de calor específico, lo que significa que puede absorber mucho calor antes de calentarse. Por lo tanto, el agua juega un papel importante en la industria como refrigerante y ayuda a regular los cambios de temperatura a lo largo del año. El agua tiene una tensión superficial muy alta, lo que significa que es viscosa y elástica. Vienen juntos, no separados. Esta cualidad le da al agua acción capilar, es decir, puede atravesar las raíces de las plantas y los vasos sanguíneos y disolver sustancias (Comisión Nacional del Agua, 2017).

Según la Comisión Nacional del Agua (2017) La fórmula química del agua es H_2O , un átomo de oxígeno unido a dos átomos de hidrógeno. Un lado de una molécula de agua tiene carga positiva y el otro lado tiene carga negativa. Las moléculas de agua tienden a permanecer juntas porque las cargas opuestas se atraen entre sí. El agua se llama el "disolvente universal" porque disuelve más sustancias que cualquier otro líquido y contiene valiosos minerales y nutrientes. El potencial de hidrógeno (pH) es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El agua pura tiene un pH neutro de 7, lo que significa que no es ácida ni alcalina.

Otras de sus propiedades químicas son:

- Reacciona con los óxidos ácidos (compuesto químico binario que resulta de la combinación de un elemento no metal con el oxígeno).
- Reacciona con los óxidos básicos (combinación de un elemento metálico con el oxígeno).
- Reacciona con los metales.
- Reacciona con los no metales.
- Se une en las sales formando hidratos.

7.2 Calidad del Agua

Según la definición de la Organización Mundial de la Salud y otras instituciones internacionales, la calidad del agua se puede resumir como las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua en su estado natural o después de la modificación por la actividad humana. En general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con las pautas o estándares de calidad del agua. Este concepto se aplica principalmente al agua destinada al consumo humano, pero dependiendo de otros usos también se puede utilizar para determinar la calidad del agua (Baeza Gómez, 2017).

La calidad del agua se refiere a la medida en que este elemento es seguro, limpio y adecuado para ser utilizado. La calidad del agua puede ser afectada por una variedad de factores, incluyendo las descargas de aguas residuales de la industria, la agricultura y los asentamientos humanos. Además, el agua de los ríos puede contener sedimentos y otros materiales en suspensión, lo que puede hacer que el agua sea turbia y dificulte su tratamiento para uso humano.

Caracterizar la calidad del agua de un río significa determinar el grado, nivel o intensidad de la contaminación de este, que puede ser de origen físico, químico o biológico, y la capacidad del sistema para restaurar naturalmente las propiedades o condiciones que tenía. antes de ser afectado por el contaminante (Quiroz Fernández y otros, 2017).

Es importante monitorear la calidad del agua de los ríos y tomar medidas para prevenir la contaminación y proteger este recurso natural. Además, es sustancial que los seres humanos utilicen el agua de los ríos de manera sostenible, para garantizar que estén disponibles para las generaciones futuras.

7.3 Contaminación de fuentes hídricas

La contaminación de fuentes hídricas significa la introducción de ciertas sustancias en el agua, cambiando su calidad y composición química. Según la Organización Mundial de la Salud, este recurso está contaminado “cuando la composición del agua ha cambiado de modo que no reúne las condiciones necesarias para su uso en su estado natural” (GUADARRAMA TEJAS y otros, 2016).

La contaminación del agua puede ser natural o provocada por el hombre. Esta última está relacionada con diversas actividades humanas, que son la principal fuente de contaminación del agua, ya que el desarrollo y la industrialización aumentan el consumo de

agua y generan grandes cantidades de desechos, muchos de los cuales van a parar a los ríos. Por otro lado, las fuentes de contaminación de origen natural son muy difusas y no dan lugar a altas concentraciones de contaminantes, salvo en lugares muy concretos asociados a determinados yacimientos minerales (Rodríguez M. G., 2009).

Según Rodríguez (2009) dentro de los principales contaminantes del agua se encuentran:

- Microorganismos patógenos, que son diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros tipos de microorganismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, hepatitis, etc.
- Desechos orgánicos, es decir el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser compuestos por bacterias aeróbicas.
- Sustancias químicas inorgánicas, las cuales son ácidos, sales y minerales tóxicos como el mercurio y el plomo.
- Nutrientes vegetales inorgánicos, nitratos, fosfatos son sustancias solubles en agua, que las plantas necesitan para su desarrollo pero en cantidades excesivas inducen al crecimiento de algas y otros organismos.
- Compuestos orgánicos, moléculas orgánicas como el petróleo, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc.
- Sedimentos y materiales en suspensión, partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto a otros materiales que hay en suspensión que hay en las aguas.
- Sustancias radioactivas, isótopos radioactivos solubles pueden estar presentes en el agua y pueden irse acumulando a lo largo de las cadenas tróficas.
- Contaminación térmica, el agua caliente liberada por las centrales de energía o procesos industriales eleva en ocasiones la temperatura en ríos, por lo que disminuye la capacidad de contener oxígeno.

7.4 Contaminación química del agua

El agua es una necesidad incomparable para toda la vida que se encuentra en la Tierra. Pero las fuentes de agua como arroyos, lagos, aguas subterráneas, bahías u océanos contaminados con productos químicos son dañinas para los seres vivos. La contaminación incluso hace que los arroyos, lagos y aguas costeras se vuelvan desagradables, malolientes e imposibles de lavar. Los contaminantes en el agua pueden estar en forma de materiales

químicos, biológicos o físicos. La última consecuencia de estos materiales es la degradación de la calidad del agua (Grijalva Endara y otros, 2020).

Según una revisión bibliográfica reciente (Barceló & López de Alda, 2007), los efectos que la contaminación química del agua produce son múltiples; entre los más importantes cabe destacar:

- Acción tóxica y cancerígena
- Incidencia sobre la producción de alimentos
- Limitación del uso del agua con fines recreativos
- Reducción de las posibilidades de su uso industrial y agropecuario.

Los riesgos de contaminación de las aguas son difíciles de precisar porque suelen actuar a dosis tóxicas muy bajas y al mismo tiempo son diversos contaminantes.

Entre los contaminantes específicos se encuentran:

7.4.1 Dureza

El agua dura es agua que contiene grandes cantidades de minerales y diversos compuestos, especialmente sales de magnesio y calcio. Son los responsables de la dureza del agua, y el nivel de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales. Esta agua no hace espuma con el jabón, a veces blanquea la ropa porque no se ha lavado correctamente, forma costras en las ollas y grifos, ya veces tiene mal olor. El agua dura contiene iones que forman depósitos con jabón o al hervirla (Rodríguez, 2009).

7.4.2 Calcio

El calcio es un elemento químico de símbolo Ca y número atómico 40. Está presente en el medio interno de los organismos como iones de calcio (Ca^{2+}) o como parte de otras moléculas; en algunos organismos se deposita como esqueleto interno o externo. En el agua es más abundante que el magnesio y, salvo muy raras excepciones, es el catión más abundante. Si es de origen yeso o silicato, o resultado de la erosión de calizas o dolomitas, entra en el agua simplemente por disolución en dióxido de carbono (Rodríguez, 2009).

7.4.3 Magnesio

Suele ser mucho menos abundante en agua que el calcio, pero tiene una gran importancia biológica, ya que es fundamental en el desarrollo de determinados sistemas enzimáticos, y también interviene en la formación de los huesos. El adulto promedio debe

consumir de 200 a 300 mg por día. Si el contenido de magnesio en el agua es alto, puede actuar como laxante e incluso tener un sabor amargo (Rodríguez, 2009).

7.5 Bioindicadores (macroinvertebrados)

Los bioindicadores son organismos o comunidades biológicas utilizadas para evaluar la calidad del agua. Estos organismos pueden indicar la presencia de contaminantes o alteraciones en el ecosistema y evaluar el impacto de las actividades humanas sobre el recurso hídrico. Los bioindicadores pueden proporcionar información valiosa sobre la salud del ecosistema y pueden ser utilizados para identificar áreas que necesitan ser protegidas o restauradas.

Los macroinvertebrados acuáticos habitan en sedimentos o cualquier tipo de sustrato (hojas, troncos, macrófitos, etc.) en ecosistemas acuáticos. Incluye especímenes iguales o mayores a 250 μm de diámetro, incluyendo planarias, nematodos, oligoquetos, hirudíneos, insectos, arácnidos, crustáceos, gasterópodos y bivalvos. Algunos representantes pasan poco tiempo en el agua, otros mucho tiempo y otros están completamente en el agua (Salvatierra Suárez, 2012).

Estos animales dan excelentes señales sobre la calidad del agua, y usarlos en el monitoreo puede dar una idea clara de lo que está pasando con el agua: algunos necesitan agua de buena calidad para sobrevivir, otros, en cambio, resisten, crecen cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra viven solo en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua se contamina. Este no es el caso de las larvas o gusanos de algunas otras moscas, que pueden resistir la contaminación y prosperar en el agua sucia. Cuando crecen, estos insectos se convierten en moscas que causan enfermedades como la malaria, o la enfermedad de Chagas. Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélula, chinches o chicaposos, perros de agua o moscas de aliso. Comenzaron a vivir en el agua y luego se convirtieron en insectos que viven en la tierra (Carrera Reyes & Fierro Peralbo, 2001).

Los macroinvertebrados acuáticos se consideran actualmente los mejores bioindicadores de la calidad del agua debido a su tamaño, amplia distribución y capacidad de adaptación a diversas variables fisiológicas. En los últimos años, el concepto de calidad del agua ha cambiado de un enfoque fisicoquímico a un enfoque alternativo que integra todos los componentes del ecosistema (Lozano Ortiz, 2005).

7.6 Índices biológicos de calidad de agua

Los índices biológicos de calidad de agua son herramientas utilizadas para evaluar el estado de un ecosistema acuático en base a las comunidades de organismos vivos que habitan en él. Estos índices se basan en la idea de que ciertos grupos de organismos son más sensibles a los cambios ambientales y pueden actuar como indicadores de la calidad del agua.

De la amplia diversidad de comunidades o grupos de especies disponibles para realizar un bio monitoreo en los sistemas fluviales internacionales, los macroinvertebrados y las diatomeas bentónicas son los más abundantes. Entre los diversos indicadores utilizados en el seguimiento, los indicadores biológicos se eligen a menudo en los programas de monitoreo; esto se debe a que responden mejor a ciertos tipos de contaminación (ej. materia orgánica, nutrientes, etc.), cuerpos de agua (lagos, lagunas, ríos, etc.) o ciertos tipos (ej. ríos) de llanuras, montañas, etcétera (Gómez y otros, 2020).

7.7 Índices de calidad de agua mediante bioindicadores

7.7.1 BMWP (Biological Monitoring Working Party)

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) es un índice biológico cualitativo que considera solo la presencia o ausencia de diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos y los clasifica según su tolerancia a la contaminación orgánica. El grupo más sensible recibe una puntuación de 10; en cambio, el más tolerante a la contaminación obtiene 1 punto (Leaño Sanabria & Pérez Barriga, 2020).

Para el cálculo de este índice primero se debe obtener la información necesaria de cada punto de muestreo. Luego buscamos puntajes del índice BMWP para las familias de macroinvertebrados acuáticos, y el valor del índice se obtiene sumando los puntajes correspondientes para cada familia. En función de los puntos obtenidos en cada situación, se clasifican diferentes clases de agua y a cada clase se le asigna un color determinado. La calificación va de buena (120) a regular (61-100) (Ariza, 2016).

Tabla 3.

Puntaje de cada familia de macroinvertebrados según el índice BMWP.

FAMILIAS	PUNTUACIÓN
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Limnephilidae, Lymnaeidae, Naucoridae, Palaemonidae, Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaridae), Pseudothelpusidae, Saldidae, Sialidae Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Dicteriadidae, Dixidae, Glossosomatidae, Hylalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Pyralidae, Simuliidae, Veliidae	7
Aeshinidae, Ampullriidae, Caenidae Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae Elmidae, Hyriidae, Limnichidae Lutrochidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Glossiphoniidae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae, Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae (larvas) Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1) Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Tubificidae, Oligochaeta	1

Fuente: (Carrera, 2016)

7.7.2 ABI (Andean Biotic Index)

El índice Andean Biotic Index consiste en asignar un valor numérico entre 1 y 10 a cada familia identificada en el período de la muestra, siendo el valor 1 asignado a la familia más resistente a la contaminación y el 10 a la más sensible ante la contaminación. Una vez que se han asignado puntos a cada grupo, se suman y el resultado se compara con una tabla que muestra la calidad del agua en el lugar de muestreo (ENDARA GONZÁLEZ, 2020).

El índice ABI es muy útil para determinar el deterioro general de un río, pero como las condiciones de referencia pueden variar, se deben establecer límites de calidad de clase para cada cuenca por separado.

La evaluación biológica se usa ampliamente para evaluar la calidad del agua en ríos y arroyos. Partes de los Andes están densamente pobladas y es necesario desarrollar métodos para evaluar el impacto del aumento de las presiones antropogénicas en los ecosistemas acuáticos. Debido a las características geográficas y ecológicas únicas de los Andes, los índices de macroinvertebrados utilizados en otras regiones deben ajustarse cuidadosamente (Ríos-Touma y otros, 2014).

Tabla 4.
Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según el Índice ABI

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

Fuente: (Carrera, 2016)

7.8 Índice de diversidad de Shannon-Weaver

El índice de Shannon es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad biológica específica. Conocido como Shannon-Weaver derivado de la teoría de la información como medida de entropía. El índice representa la heterogeneidad de la comunidad basada en dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente, es una medida del grado de incertidumbre asociado con la selección aleatoria de individuos en una comunidad (PLA, 2006).

El índice de Shannon nos permite identificar la biodiversidad o la riqueza mediante fórmulas. Se describen estimaciones de puntos e intervalos de riqueza o abundancia aplicados a ejemplos de datos de vegetación y se comparan los resultados obtenidos en forma bruta con los considerados. Se dan recomendaciones para el uso de técnicas de muestreo apropiadas cuando las muestras pequeñas sufren o no hay repeticiones, lo que puede afectar los resultados.

7.9 Propiedades e indicadores de calidad de agua

7.9.1 Parámetros Físicos

7.9.1.1 Temperatura (T)

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias de tal manera que existiría aumento de los sólidos disueltos y disminución de gases. (Moreno, 2016).

Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría realizada “in situ” (en el sitio). Las corrientes de aguas tropicales no deben superar los 35 ° C. (Gómez, 2017).

7.9.1.2 pH

El nivel de pH es una medida de la acidez (o alcalinidad) del agua. Se mide en unidades de pH en una escala de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro, mayor de 7 es básico y menor de 7 es ácido. Los procesos naturales, los vertidos industriales (lluvia ácida) y la minería (drenaje ácido de mina) pueden aumentar la acidez del agua. El agua ácida es dañina para los biomas acuáticos, especialmente porque filtra sustancias tóxicas como el aluminio del suelo. Un rango de pH de

6,5 a 8,2 se considera óptimo para la mayoría de los organismos (Waterways: Stream Ecology and Monitoring - ICPRB, 2017)

7.9.2 Parámetros Químicos

7.9.2.1 Conductividad Eléctrica (CE)

Las sustancias sólidas se encuentran en la naturaleza en forma disuelta. La sal disuelta en agua se divide en iones con carga positiva y negativa. La conductividad se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de iones disueltos. Los iones más positivos son el sodio (Na), el calcio (Ca^{2+}), el potasio (K) y el magnesio (Mg^{2+}). Los iones más negativos son el ion cloruro (Cl^-), el radical sulfato (SO_4^{2-}), el radical carbonato y el radical bicarbonato. Los nitratos y fosfatos, aunque biológicamente muy importantes, no contribuyen a la conductividad. La salinidad es una medida del contenido de sal disuelta en el agua. La salinidad y la conductividad están relacionadas porque la cantidad de iones disueltos aumenta el valor de ambos. La sal marina es principalmente cloruro de sodio (NaCl). Pero otras aguas saladas, como Mono Lake, tienen una salinidad elevada debido a una combinación de iones disueltos como sodio, cloruro, carbonato y sulfato (Folleto Informativo Agua, 2008).

7.9.2.2 Relación de Absorción de Sodio (RAS)

La absorción de sodio es la proporción de sodio a calcio y magnesio en el suelo debido a interacciones químicas opuestas. Mantener la composición química del suelo es una parte importante de la preservación y salud de las plantas y cultivos. Sin embargo, esto a menudo se pasa por alto y no se toma más en serio cuando se trata de garantizar la sostenibilidad de la planta/cultivo. El sodio se acumula lentamente en el suelo y no lo notará hasta que todo su campo experimente una sequía. La salinidad y el sodio son dos problemas que surgen con el SAR. Mediciones como el total de sólidos disueltos y la conductividad eléctrica pueden ayudar a identificar problemas peligrosos que aumentan la absorción de sodio. Los sólidos disueltos totales miden la cantidad de partículas, contaminantes y sales en el agua en partes por millón. Si el nivel de TDS es alto, indica un aumento en la cantidad de sales, lo que se correlaciona con el nivel de SAR. En términos de conductividad eléctrica es baja, el SAR es relativamente bajo. Si el nivel de conductividad eléctrica es alto (independientemente del nivel elevado de sodio), el nivel de SAR es alto. El problema con un SAR alto es el crecimiento y la supervivencia de las plantas (PURE AQUA, INC, 2019).

7.9.2.3 Diagrama de Wilcox

Clasificación WILCOX se utiliza para diagnosticar las aguas de riego para lo cual se utiliza la conductividad eléctrica y la relación absorción del sodio. Los valores de CE y Ras son clasificados en nomogramas de ellos se obtiene la clasificación de aguas para riego la cual está definida por los parámetros c y s subíndices de cada uno de ellos (Romo, 2022).

7.9.3 Parámetros del índice de calidad de agua

7.9.3.1 ICA-NSF

ICA-NSF es un índice público porque no tiene en cuenta el tipo de uso del agua y los métodos utilizados para determinar las propiedades físicas, químicas y biológicas

7.9.3.2 Oxígeno Disuelto

Es oxígeno disuelto en agua. Casi todos los organismos acuáticos necesitan oxígeno para sobrevivir. La vegetación sumergida (SAV) es un productor de oxígeno y las aguas turbulentas ayudan a disolver los niveles de oxígeno. Por otro lado, la turbidez y la temperatura pueden afectar negativamente la concentración de oxígeno disuelto (Waterways: Stream Ecology and Monitoring - ICPRB, 2017)

7.9.3.3 Coliformes fecales

Es un indicador indirecto del riesgo potencial de infección con bacterias o virus patógenos, ya que los coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y animales (Sierra, 2011)

7.9.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Este parámetro es muy utilizado para determinar el contenido de materia orgánica en muestras de agua. La DBO se mide determinando la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos (principalmente bacterias) para su descomposición, oxidación, estabilización, etc. material orgánico. La prueba de DBO más famosa es DBO5. El ensayo se realiza cultivando una muestra de agua en el laboratorio y midiendo el consumo de oxígeno de los microorganismos al cabo de cinco días, y los resultados se expresan en mg/l de consumo de oxígeno (Sierra, 2011)

7.9.3.5 Nitratos

Los nitratos son contaminantes comunes de las aguas subterráneas que pueden causar efectos nocivos si se ingieren en grandes cantidades. Los nitratos son incoloros e inodoros. Los nitratos ingresan fácilmente a las aguas subterráneas a través del suelo transportado por el agua de lluvia y el agua de riego. Beber agua con altos niveles de nitrato puede causar serios problemas de salud dependiendo de la duración de la exposición (UICN, 2018)

7.9.3.6 Fosfatos

Los niveles altos de fosfato son causados por actividades humanas que usan detergentes, plantas de tratamiento de aguas residuales, desechos industriales y escorrentías de tierras agrícolas y céspedes fertilizados (Water Ways: Stream Ecology and Monitoring - ICPRB, 2017)

7.9.3.7 Turbiedad

La turbidez es una medida de la turbidez del agua causada por sólidos en suspensión que bloquean la transmisión de la luz. Cuanto más turbia se ve el agua, mayor es la turbidez. El resultado es la falta de luz solar, lo que reduce el crecimiento de las plantas y posiblemente reduce las concentraciones de oxígeno disuelto, ya que las plantas producen oxígeno, que es esencial para la vida acuática (Waterways: Stream Ecology and Monitoring - ICPRB, 2017)

7.9.3.8 Sólidos Disueltos Totales

Esto es lo que se disuelve en agua, los sólidos que quedan después de que una muestra pasa a través de un filtro de 2 micrones o menos. En esto se diferencian de las sustancias en suspensión que quedan retenidas por los filtros. Los sólidos disueltos totales (SDT) se miden en partes de materia seca por parte por millón de agua (ppm) (UICN, 2018).

8. BASE LEGAL

8.1 Constitución de la República del Ecuador

Publicada en el Registro Oficial N.º 449 del 20 de octubre del 2008.

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

Art.14.- El estado reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

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

8.2 Código Orgánico del Ambiente (COA)

Capítulo V: Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos

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

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

8.3 Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua

Art. 21 de la LORHUyA, establece que la Agencia de Regulación y Control del Agua - ARCA, es un organismo de derecho público, de carácter técnico-administrativo, adscrito a la Autoridad Única del Agua, con personalidad jurídica, autonomía administrativa y financiera, con patrimonio propio y jurisdicción nacional. La Agencia de Regulación y Control del Agua, ejercerá la regulación control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, de la calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua. La gestión de regulación y control de la Agencia serán evaluados periódicamente por la Autoridad Única del Agua (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

8.4 TULSMA

Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria en Medio Ambiente (2015). La norma técnica para la determinación de calidad de agua en diversos usos establecida en el T.U.L.S.M.A, Anexo 1. Criterio de calidad de agua para uso de riego, se detalla en el marco legal del presente trabajo de investigación, los cuales son:

SECCION III CALIDAD DE COMPONENTES ABIOTICOS

PARAGRAFO I

DEL AGUA

Art. 209.- De la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreo de descargas, vertidos y cuerpos receptores (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Tabla 5.

Parámetros de los niveles de calidad de agua para riego, Anexo I del Libro VI del TULSMA.

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción *		
		Ninguno	Ligero-moderado	Severo
Salinidad(1)				
CE(2)	milimhos/cm	0.7	0.7-3.0	>3.0
SDT(3)	mg/l	450	450-2000	>2000
Infiltración(4)				
RAS=0.3yCE=		0.7	0.7-0.2	<0.2
RAS=3-6yCE=		1.2	1.2-0.3	<0.3
RAS=6.12yCE=		1.9	1.9-0.5	<0.5
RAS=12-20yCE=		2.9	2.9-1.3	<1.3
RAS=20-40yCE=		5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicidad por iones específicos (5)				
Sodio				
Irrigación superficial RAS(6)	meq/l	30.	30.-9.0	>9
Aspersión	meq/l	3.0	3.0	
Cloruros				
Irrigación superficial	meq/l	4.0	4.0-10.0	>10

Aspersión	meq/l	3.0	3.0	
Boro	mg/l	0.7	0.7-3.0	>3
Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N- NO ₃ -)	mg/l	5.0	5.0-30.0	>30
Bicarbonato (HCO ₃ -) solo aspersión	meq/l	1.5	1.5-8.5	>8.5
pH	Rango normal		6.5-8.4	

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

* Es el estado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego

(1) Afecta a la disponibilidad del agua para los cultivos

(2) Ce=Conductividad eléctrica del agua de regadío (1milimhos/cm=1000micromhos/cm)

(3) SDT=Solidos disueltos totales

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada

(7) Afecta a los cultivos susceptibles.

9. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿El uso de índices de calidad de agua mediante bioindicadores y análisis físico-químicos, permitirán definir el estado ambiental en el que se encuentra el recurso hídrico?

10. DISEÑO METODOLÓGICO

10.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

10.1.1 Investigación Descriptiva

La investigación descriptiva tiene como objetivo describir algunas características básicas de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que establecen la estructura o el comportamiento de los fenómenos estudiados, brindan información sistemática y comparable con información de otras fuentes (Alban Guevara y otros, 2020). Por tanto este tipo de investigación se utilizó para describir, registrar, analizar e interpretar la calidad del agua según los resultados obtenidos en los cálculos de los índices biológicos, análisis físico-químicos, la descripción del procedimiento para la recolección de muestras y los pasos que se deben seguir para determinar la calidad de agua.

10.1.2 Investigación de Campo

La investigación de campo implica recolectar datos directamente de la realidad donde ocurren los eventos sin manipular o controlar variables. El estudio de los fenómenos sociales en su medio natural. El investigador no manipula las variables porque de esta manera pierde el entorno natural en el que aparecen (Jiménez Colina & Suárez Porrillo, 2014). Mediante las visitas in situ se desarrolló la determinación y caracterización de los puntos de muestreo en el área de estudio, con ayuda del GPS y el software QGis, gracias a los cuales se pudo realizar la visita de campo para la toma de muestras y descripción de cada punto.

10.2 ENFOQUES

10.2.1 Enfoque de la investigación

Para el desarrollo de la investigación se utiliza un modelo mixto, que es una integración o combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos; estudia las oscilaciones entre los estilos de pensamiento inductivo y deductivo (Rodríguez A. , 2005).

10.2.2 Enfoque cualitativo

Este enfoque se aplicó en la investigación ya que se desarrolló la identificación de los macroinvertebrados recolectados en los seis puntos de muestreo de los ríos Providencia y del Pongo, según las características de cada uno que fueron claves para su clasificación taxonómica.

10.2.3 Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo permitió obtener los datos para realizar el conteo de macroinvertebrados que se encontraron en la zona de estudio, para posteriormente desarrollar el índice BMWP/col y ABI, utilizando los puntos asignados para determinar la calidad del agua. Y mediante el índice de Shannon-Weaver se determinó la biodiversidad de las especies.

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros físico-químicos, permitieron elaborar el diagrama de Wilcox, el cual se aplica específicamente para indicar la calidad del agua para uso de riego mediante la Relación Absorción de sodio y Conductividad Eléctrica.

10.3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

10.3.1 Observación

La observación es una herramienta importante en el proceso de investigación cualitativa. En esta observación se requiere la participación directa del observador, y el contexto

en el que se realiza la investigación refleja cada evento y comportamiento, por lo que el observador debe estar siempre atento para analizar y registrar lo que sucede en el momento (Gómez S. , 2012). Esta técnica se utilizó para realizar un registro visual y verificable de puntos que se van a muestrear con ayuda del GPS.

10.3.2 Experimental

Con técnica experimental, nos referimos a varias formas de recopilación de datos (incluida la presentación del estímulo y el registro de la respuesta), es decir, los diversos procedimientos y tareas experimentales que permiten obtener los datos que serán analizados e interpretados (Irrazábal & Molinari Marotto, 2005). La aplicación de esta técnica facilitó la identificación y clasificación de los macroinvertebrados que fueron recolectados en los ríos, según las características taxonómicas de cada uno para su calificación dentro de los índices aplicados.

10.3.3 Fichaje

El fichaje es una técnica utilizada especialmente por los investigadores. Es una forma de recopilar y almacenar información. Cada ficha contiene una serie de datos de extensión variable, pero todos relacionados con el mismo tema, dándoles su propia unidad y valor (Loayza Maturrano, 2021). Esta técnica permitió tomar registro de los datos obtenidos en campo, es decir la presencia y características de los macroinvertebrados en los ríos para la presente investigación.

10.4 INSTRUMENTOS

10.4.1 GPS

Permitió determinar la ubicación según las coordenadas de latitud y longitud en el área de estudio.

10.4.2 Fotografías

El registro fotográfico nos ayudó a la comparación y clasificación de los ejemplares de macroinvertebrados encontrados en los ríos.

10.4.3 Microscopio

Permitió la identificación de los macroinvertebrados y a visualizar con mayor detalle sus pequeñas características.

10.5 SOFTWARE

- QGis
- Excel
- Word
- Diagrammes
- Earth Pro

11 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

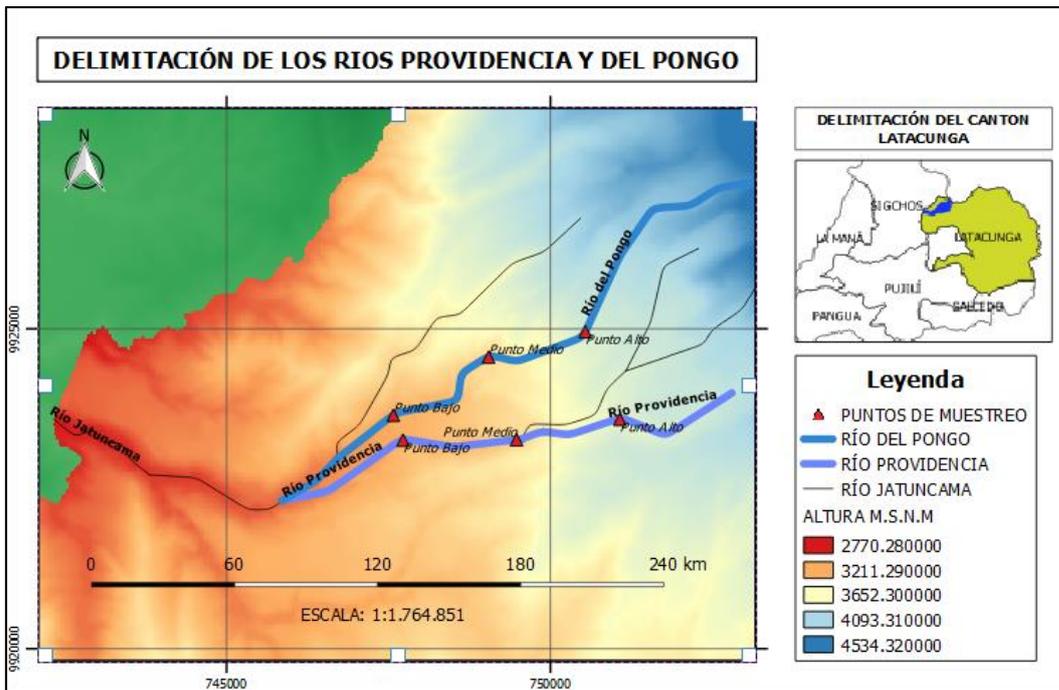
11.1 Ubicación del área de estudio

Los ríos Providencia y del Pongo se encuentran ubicados en la Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia Toacaso, al este de la Reserva Ecológica los Ilinizas.

El río Providencia inicia en el Volcán Iliniza sur con coordenadas UTM X 0,672009; Y 78,719800, a una altura de 4285 msnm .El río del Pongo inicia en el Volcán Iliniza sur con coordenadas X 0,656539; Y 78,721139, a una altura de 4799 msnm y los dos ríos se unen para formar el río Jatuncama en las coordenadas X 0,702369; Y 78,791029 en el sector Benito Pamba perteneciente al cantón Latacunga.

Figura 1.

Ubicación de los puntos de muestreo en los ríos Providencia y Del Pongo (Toacaso).



Elaborado por: Autores

La selección de los puntos de muestreo se realizó en 3 partes: en la cuenca alta, media y final de los dos ríos.

Se realizó una visita in situ, donde permitió enfocar 6 puntos de estudio 3 en el río Providencia y 3 en el río del Pongo, de acuerdo a la percepción visual y las actividades que se desarrollan en cada uno de los 2 ríos se mencionan a continuación.

11.2 FASE DE CAMPO

11.2.1 Identificación y caracterización de los puntos de muestreo

La identificación de la zona y de los puntos de muestreo se desarrolló mediante un recorrido desde el sur oeste al noreste de los ríos Providencia y del Pongo en los meses de diciembre de 2022 y febrero de 2023. La determinación de los puntos de muestreo se realizó tomando en cuenta la accesibilidad a la fuente hídrica, debido a que algunos tramos de los ríos se encontraron en zonas con pendientes altas y de difícil acceso.

Por lo tanto, el muestreo del río Providencia se realizó en el cantón Latacunga, en la parroquia Toacaso en los siguientes puntos: punto bajo ubicado en el sector Benito Pamba, punto medio en el sector Rodeo Loma y punto alto en el sector Chinchil. Y el muestreo del río del Pongo de igual manera se desarrolló en el cantón Latacunga, en la parroquia Toacaso en los

siguientes puntos: punto bajo ubicado en el sector Troje Guasha, punto medio en el sector Era Loma y punto alto en el sector Quilag.

En la siguiente tabla se presentan los nombres, las coordenadas de longitud, latitud y metros sobre el nivel del mar de cada punto de muestreo.

Tabla 6.
Coordenadas geográficas de los ríos

COORDENADAS				
Puntos		X	Y	Msnm
Río Providencia	Punto Bajo	-0,6992645	-78,7821537	3136
Río Providencia	Punto Medio	-0,69352	-78,772512	3237
Río Providencia	Punto Alto	-0,6943982	-78,765343	3291
Río del Pongo	Punto Bajo	-0,699925	-78,787763	3068
Río del Pongo	Punto Medio	-0,690978	-78,776843	3207
Río del Pongo	Punto Alto	-0,6886174	-78,7674998	3300

Elaborado por: Autores

11.2.2 Recolección de macroinvertebrados

Para la recolección de los macroinvertebrados en los ríos Providencia y del Pongo se empleó el método de recolección cualitativo, red tipo D-net, la cual se usa para hacer un "barrido" a lo largo de las orillas de los arroyos o curvas donde las redes no pueden llegar. Su ventaja es que la forma se adapta bien a las superficies irregulares de la orilla. Se debe incrementar su uso hasta cubrir un área de muestreo representativa (10 m en ambas orillas). El material recolectado se vierte a través de un cedazo o malla solo para lavar el exceso de suciedad o arena, y luego se almacena en una bolsa o recipiente de plástico lleno de alcohol al 70% para su posterior análisis en el laboratorio (Gonzales & Arana Maestre, 2014).

Para realizar esta actividad se utilizaron los siguientes materiales:

- Frascos para muestras
- Red tipo D-net
- Cedazo
- Etiquetas de identificación
- Libreta de campo
- Botas

- Guantes
- Alcohol al 70%
- Pinzas
- Cooler

En cada punto de muestreo se realizó los siguientes pasos:

- Primero se llenó la ficha de campo (Anexo ...)
- Se procedió a coleccionar los macroinvertebrados utilizando la red tipo D-net.
- Una vez tomada la muestra se colocó en el cedazo para que se filtre el exceso de lodo y quitar pequeños escombros como ramas, piedras y hojarasca
- Con ayuda de las pinzas y de forma delicada son colocados los macroinvertebrados en los frascos con alcohol al 70%.
- Los frascos con las muestras recolectadas fueron colocados en un cooler, para luego ser transportados al laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

11.3 Recolección de muestras para el análisis físico químico.

Para la recolecta de muestras de agua para el análisis físico-químicos de los ríos Providencia y del Pongo se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana 2169 del año 2013, la cual trata sobre la calidad del agua, muestreo manejo y conservación de muestras. En la que explica que para las muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, se debe llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.). Y también se aplicó la toma de muestra en serie, que explica la Norma Técnica Ecuatoriana 2176 del año 2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, en la cual detalla que las muestras para establecer perfiles de áreas, es una serie de muestras de agua tomadas a una profundidad específica del cuerpo de agua en varios puntos.

Para realizar esta actividad se utilizaron los siguientes materiales:

- Botellas de plástico
- Etiquetas de identificación
- Libreta de campo
- Botas

- Guantes
- Cooler

En cada punto de muestreo se realizó los siguientes pasos:

- Primero se lavó el recipiente de plástico 3 veces seguidas con el agua del río.
- La botella fue sumergida y llenada completamente para luego ser tapada.
- Después de que la muestra haya sido tomada se procedió a rotularla con su respectiva etiqueta con el nombre del punto y las coordenadas.
- Desde que se las recolecto se mantuvo a una temperatura entre 2 °C y 5 °C en el cooler y cubierta de la luz del sol.
- Las muestras fueron transportadas al laboratorio certificado INIAP de la ciudad de Quito para su posterior análisis de los parámetros físico-químicos.

11.4 Fase de Laboratorio

11.4.1 Análisis de Macroinvertebrados

En el laboratorio de microbiología de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con ayuda de una pinza se colocó a cada uno de los macroinvertebrados recolectados sobre un portaobjetos para posteriormente observarlos en el microscopio y realizar un registro fotográfico. Seguidamente se realizó su clasificación taxonómica, según su orden y familia, requeridos por los índices biológicos y de biodiversidad aplicados (BMWP/Col, ABI y Shannon Weaver), elaboradas por (Rincón Ramírez y otros, 2017), (Roldán Pérez, 1996) y (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2012).

11.5 CÁLCULO DEL ÍNDICE BMWP

La identificación y clasificación taxonómica de los macroinvertebrados se desarrolló hasta el nivel de familia, en algunos casos hasta género y especie. Esta clasificación se realizó mediante la comparación de los individuos recolectados con los macroinvertebrados acuáticos de los ríos del parque nacional cajas de Rincón Ramírez y otros (2017), la guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia de Roldán Pérez (1996) y el catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico del Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012), debido a que este índice clasifica a los

macroinvertebrados en grupos, los cuales van desde el puntaje 1 hasta un puntaje de 10. Perteneciendo al grupo 1 las familias mas tolerantes a la contaminacion y al grupo 10 las familias mas sencibles (Ver tabla 3).

Para realizar el cálculo del índice BMWP suman los puntos otorgados a cada familia, según su tolerancia para aguas contaminadas y así obtener la calidad en la que se encuentra el recurso (Arango y otros, 2008).

El valor obtenido en la suma se lo compara con la siguiente tabla para determinar la calidad del agua.

Tabla 7.
Valores asignados por medio del método BMWP

CLASES DE CALIDAD DE AGUA VALORES BMWP Y COLORES PARA PRESENTAR EL ÍNDICE				
Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	>150 101 a 120	Aguas muy limpias. Aguas no contaminadas o poco contaminadas.	AZUL
II	Aceptable	61 a 100	Se evidencia efectos de la contaminación.	VERDE
III	Dudosa	36 a 60	Aguas moderadamente contaminadas.	AMARILLO
IV	Crítica	16 a 35	Aguas muy contaminadas.	NARANJA
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas. Situación crítica.	ROJO

Fuente: (Gamboa y otros, 2018)

11.6 CÁLCULO DEL ÍNDICE ABI

El cálculo del Índice ABI se lo efectuó mediante la identificación de los macroinvertebrados recolectados en los puntos de estudio y dependiendo de la familia a la que pertenece se le da un valor específico para luego sumar los valores de estas y determinar la calidad de la fuente hídrica.

El valor obtenido en la suma se lo compara con la siguiente tabla para determinar la calidad del agua.

Tabla 8.
Puntajes para 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: (Carrera, 2016)

11.7 CÁLCULO DEL ÍNDICE SHANNON

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

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

En donde **S** se refiere al número de especies, p_i la proporción de individuos de la especie respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie), **ni** el número de individuos de la especie (i), y **N** el número de todos los individuos de todas las especies (Flores Miranda, 2019).

Tabla 9.
Valoración del Índice de biodiversidad Shannon Weaver

Índice de Shannon	Diversidad
3,5 – 3	Alto
1,6 – 3	Medio
0 – 1,5	Poco

Fuente: (García y otros, 2017)

Para calcular y comparar la diversidad de macroinvertebrados en el área de estudio se utilizó el índice de Shannon Weaver. En una hoja de cálculo en Excel se empleó la fórmula, donde se colocaron datos del total de especies en una muestra y la cantidad relativa de individuos. Este índice de diversidad se lo califica en un rango de 0 – 1,5 como poca diversidad, 1,6 – 3 como diversidad media y de 3 - 3,5 como una diversidad alta.

12. RESULTADOS

12.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

- **Río Providencia Punto Bajo**

Está ubicado en el sector de Benito Pamba en las coordenadas X -0,6992645 Y -78,7821537. Se observó que en las cercanías del río existe una actividad ganadera y variedad de sembríos provenientes de haciendas, en las riberas del río se encontró excretas de animales equinos y bovinos que habitan en la zona.

- **Río Providencia Punto Medio**

Está ubicado en el sector de Rodeo Loma en las coordenadas X -0,69352 Y -78,772512. En este punto se encontró actividad agrícola como sembríos de papas y se observó una gran cantidad de exuberante vegetación y matorrales.

- **Río Providencia Punto Alto**

Está ubicado en el sector de Chinchil en las coordenadas X -0,6943982 Y -78,765343. Se encontró con la presencia de paisajes de flora y fauna provenientes de la Reservaba Ecológica los Ilinizas.

- **Río del Pongo Punto Bajo**

Está ubicado en el sector de Troje Guasha en las coordenadas X -0,699925 Y -78,787763. En este punto, a las riberas del río se encontró con la presencia de construcciones como por ejemplo bebederos, piedras gigantes y escombros (barrilas, maderas, tubos, etc.).

- **Río del Pongo Punto Medio**

Está ubicado en el sector de Era Loma en las coordenadas X -0,690978 Y -78,776843. Se constató actividad ganadera, existe la presencia de diversas haciendas y sembríos que se benefician del río en estudio.

- **Río del Pongo Punto Alto**

Está ubicado en el sector de Quilag en las coordenadas X -0,6886174 Y -78,7674998. Se encontró una variedad de flora y fauna únicas de la zona ya que se adentra más a la Reserva Ecológica y caracterizada por sus únicos y diversos paisajes.

12.1.1 Aspectos físicos

- **Topografía**

En Toacaso la ciudad es relativamente plana, con gradientes de promedio entre 0% a 2 %, lo que presenta una excelente condición para una adecuada planificación de redes viales, que posibilite una eficiente movilidad (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO, 2020).

- **Hidrología**

Según los datos de la Secretaria Nacional de Aguas Toacaso tiene registrado 217 Concesionario para agua de consumo y riego, etc. que equivale a 9,84% con un caudal de 2214, 53 l/s. de esto corresponde 75 concesionario para agua de consumo humano con 57,94 litros/segundos (GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO, 2014).

- **Clima**

El clima de la Parroquia no tiene variantes, principalmente determinadas por la altitud y la proximidad al nevado los Ilinizas, en general las temperaturas promedio oscilan entre los 6°C a 12°C. Dentro de la clasifican de formaciones bioclimáticas, el área de Toacaso le corresponde a la Ecuatorial de alta montaña (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO, 2020).

- **Suelo**

En la parroquia Toacaso, el páramo se encuentra sobre los 3.700 msnm, se ha identificado 2 tipos de identificado varios ecosistemas de páramos; páramo herbáceo, páramo seco, páramo arbustivo y páramo de almohadillas, en estos espacios naturales, se localizan también relictos de bosque nativo, pequeño en proporción pero significativamente importante para el ecosistema. La formación boscosa corresponde a la clasificación de Bosque Montano Alto Siempre Verde (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO, 2020).

- **Precipitación**

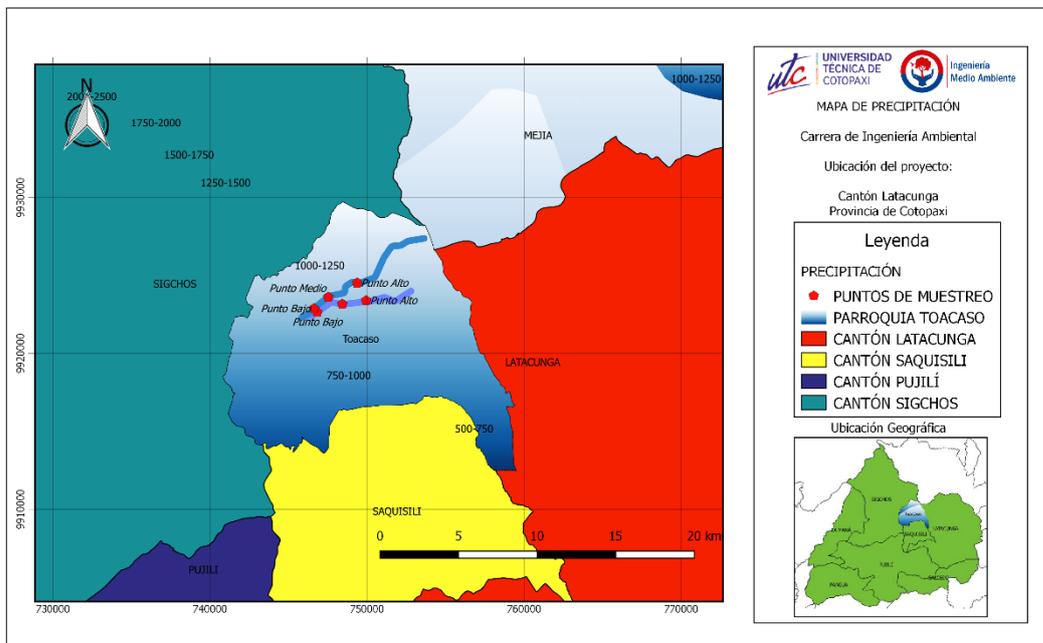
Encontramos 2 zonas definidas y divididas por la cordillera occidental. La parte que corresponde y si dirige a los valles andinos, en donde la precipitación oscila entre los 750 a

1000 mililitros anuales y a la zona que se encuentra en el flanco occidental de la cordillera en mención, con precipitaciones mayores en comparación a la zona del flanco oriental de la cordillera, un promedio de 500 a 750 mililitros anuales (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO, 2020).

El siguiente mapa nos muestra el rango de las precipitaciones anuales del sector en donde están ubicados los seis puntos de muestreo.

Figura 2.

Mapa de las precipitaciones anuales de la parroquia de Toacaso



Elaborado por: Autores

En la **Figura 2** se puede observar que el promedio anual de precipitaciones van desde los 1000 a 1250 mm anuales, al norte de la parroquia Toacaso, específicamente en donde se encuentran los seis puntos de muestreo establecidos.

- **Altitud**

En lo referente a la altitud, el territorio de la parroquia Toacaso, se encuentra sobre los 2.800 msnm y supera los 4.000 msnm, en algunos picos de cordillera, y sobrepasa los 4.000 msnm en el nevado los Ilinizas (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO, 2020).

- **Área de conservación**

La reserva ecológica los Ilinizas fue creada el 2 de Diciembre de 1996, Registro Oficial No. 92 del 19/12/1996 con una superficie de 134235 hectáreas, de las cuales 8014,97 has

aproximadamente, que representan el 5,95%, están dentro del cantón Latacunga en las parroquias de Pastocalle, Tanicuchí y Toacaso (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO, 2020).

12.2 Calidad de agua de los Ríos Providencia y del Pongo por medio de bioindicadores.

12.2.1 Calidad de agua del Río Providencia por medio de bioindicadores en el mes de Diciembre.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo de los índices biológicos e índice de diversidad aplicados en el río Providencia en el mes de diciembre.

Tabla 10.

Resultados de la calidad de agua del Río Providencia correspondiente al mes de diciembre

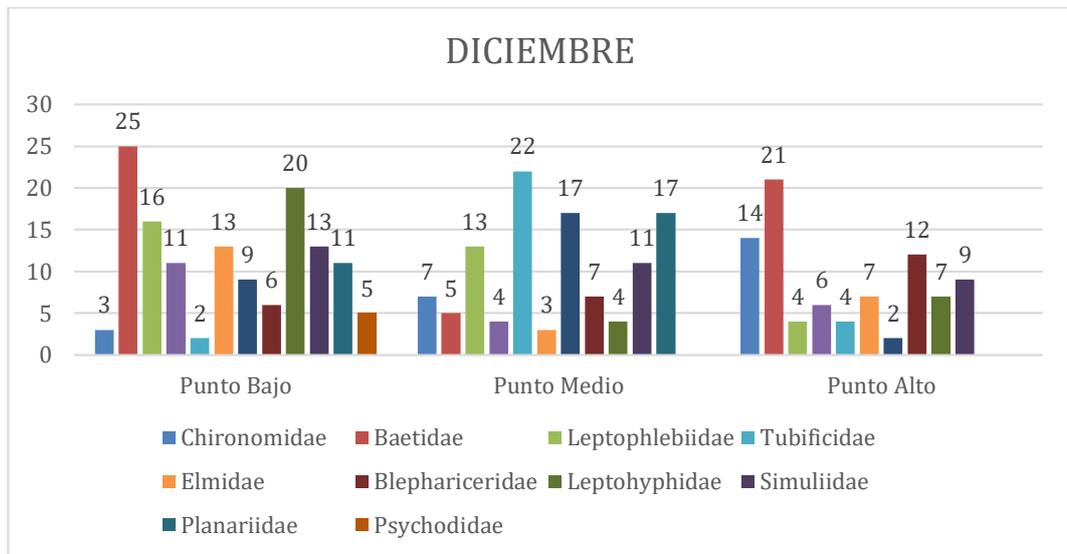
Río Providencia						
Puntos de Muestreo	Calidad del Agua				Índice Shannon - Weaver	Diversidad
	MWP/ Col	Calidad	ABI	Calidad		
Punto Bajo	8	ACEPTABLE	0	BUENO	2,30	MEDIO
Punto Medio	2	ACEPTABLE	1	REGULAR	2,21	MEDIO
Punto Alto	6	ACEPTABLE	4	BUENO	2,12	MEDIO

Elaborado por: Autores

La gráfica refleja la abundancia de individuos de cada familia encontrados en los tres puntos durante el muestreo del río Providencia correspondiente al mes de diciembre.

Figura 3.

Familias de macroinvertebrados del Río Providencia en el mes de diciembre



Elaborado por: Autores

12.2.2 Interpretación de resultados del mes de Diciembre

En el mes de diciembre se obtuvo como resultados los siguientes datos: En el punto bajo del río Providencia correspondiente al sector Benito Pamba se calculó el puntaje del índice BMWP siendo el valor obtenido 78, en el punto medio, sector Rodeo Loma se obtuvo un valor de 72 y en el punto alto que se encuentra en el sector Chinchil arrojó un valor de 86, lo que indica que los tres puntos presentan una calidad de agua aceptable esto significa que son aguas con bajas evidencias de contaminación, representadas con el color verde de acuerdo a la escala de valores en la Tabla 7.

El valor del índice ABI en el río Providencia en el punto bajo sector Benito Pamba se obtuvo un valor de 60 y en el punto alto sector de Chinchil un valor de 64 determinando una calidad de agua buena, en el punto medio sector Rodeo Loma se determinó un valor de 51 reflejando una calidad de agua regular, según los puntajes detallados en la Tabla 8.

En los tres puntos de muestreo en el mes de diciembre en el río Providencia se encontraron 11 familias de macroinvertebrados los cuales son: Chironomidae, Baetidae, Leptophlebiidae, Tubificidae, Elmidae, Blephariceridae, Leptohiphidae, Simuliidae, Planariidae, Psychodidae, Lymnaeidae. Encontrándose en mayor cantidad los del orden Diptera y Ephemeroptera. Y calculando el Índice de Shannon Weaver se obtuvo una Biodiversidad Media en los tres puntos del río Providencia del mes de diciembre. En el punto bajo y en el punto alto la familia con mayor número de individuos encontrados fue Baetidae con una

valoración de 8 representado en la Tabla 3. Ya que esta familia habita en ríos y quebradas no contaminadas, siendo así los macroinvertebrados apropiados para la evaluación de la contaminación del recurso hídrico. Y en el punto medio la familia dominante fue la Chironomidae con un puntaje de 2 reflejado en la Tabla 3.

12.2.3 Calidad de agua del Río Providencia por medio de bioindicadores en el mes de Febrero.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo de los índices biológicos e índice de diversidad aplicados en el río Providencia en el mes de febrero.

Tabla 11.

Resultados de la calidad de agua del Río Providencia correspondiente al mes de febrero

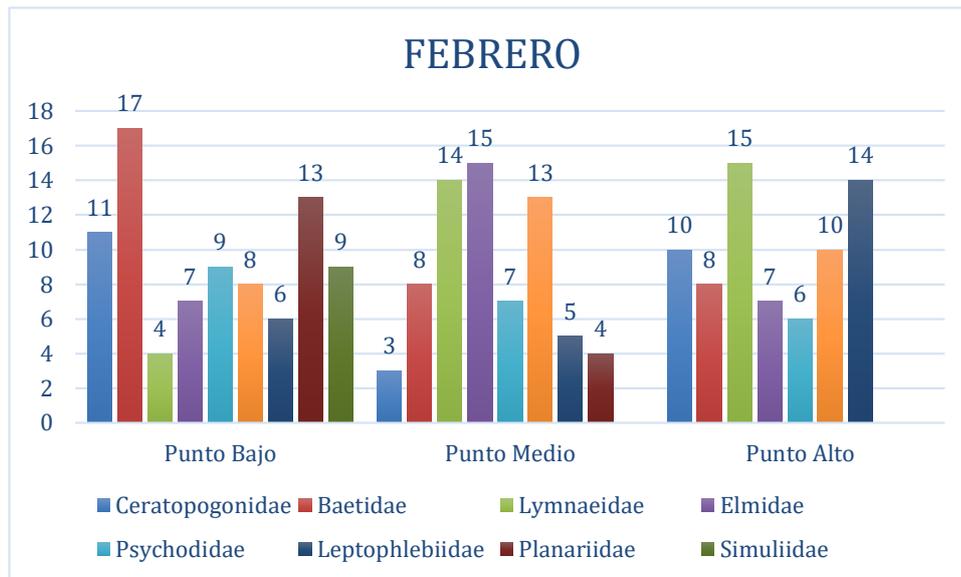
Río Providencia						
Puntos de Muestreo	Calidad del Agua				Índice Shannon - Weaver	Diversidad
	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad		
Punto Bajo	59	DUDOSA	43	REGULAR	2,12	MEDIO
Punto Medio	54	DUDOSA	46	REGULAR	1,94	MEDIO
Punto Alto	46	DUDOSA	40	REGULAR	1,90	MEDIO

Elaborado por: Autores

La gráfica refleja la abundancia de individuos de cada familia encontrados en los tres puntos durante el muestreo del río Providencia correspondiente al mes de febrero.

Figura 4.

Familias de macroinvertebrados del Río Providencia en el mes de febrero



Elaborado por: Autores

12.2.4 Interpretación de resultados del mes de Febrero río Providencia.

En el mes de febrero se obtuvo como resultados los siguientes datos: En el punto bajo del río Providencia correspondiente al sector Benito Pamba se calculó el puntaje del índice BMWP siendo el valor obtenido 59, en el punto medio, sector Rodeo Loma se obtuvo un valor de 54 y en el punto alto que se encuentra en el sector Chinchil arrojó un valor de 46, lo que indica que los tres puntos presentan una calidad de agua dudosa esto significa que son aguas moderadamente contaminadas, representadas con el color amarillo de acuerdo a la escala de valores en la Tabla 7.

El valor del índice ABI en el río Providencia en el punto bajo sector Benito Pamba se obtuvo un valor de 43, en el punto medio en el sector Rodeo Loma el valor arrojado fue de 46 y en el punto alto sector de Chinchil un valor de 40 determinando una calidad de agua regular, según los puntajes detallados en la Tabla 8.

En los tres puntos de muestreo en el mes de febrero en el río Providencia se encontraron 11 familias de macroinvertebrados los cuales son: Baetidae, Blephariceridae, Ceratopogonidae, Leptophlebiidae, Baetidae, Elmidae, Psychodidae, Leptohyphidae, Lymnaeidae, Planariidae, Simuliidae. Encontrándose en mayor cantidad los del orden Diptera y Ephemeroptera. Y calculando el Índice de Shannon Weaver se obtuvo una Biodiversidad Media en los tres puntos del río Providencia del mes de Febrero. En el punto medio y en el punto alto la familia con mayor número de individuos encontrados fue Lymnaeidae con una valoración de 8 representado

en la Tabla 3. Ya que esta familia habita en todo tipo de ríos y quebradas. Y en el punto bajo la familia dominante fue la Batidae con un puntaje de 8 reflejado en la Tabla 3.

12.2.5 Calidad de agua del Río del Pongo por medio de bioindicadores en el mes de Diciembre

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo de los índices biológicos e índice de diversidad aplicados en el río del Pongo en el mes de diciembre.

Tabla 12.

Resultados de la calidad de agua del Río del Pongo correspondiente al mes de diciembre

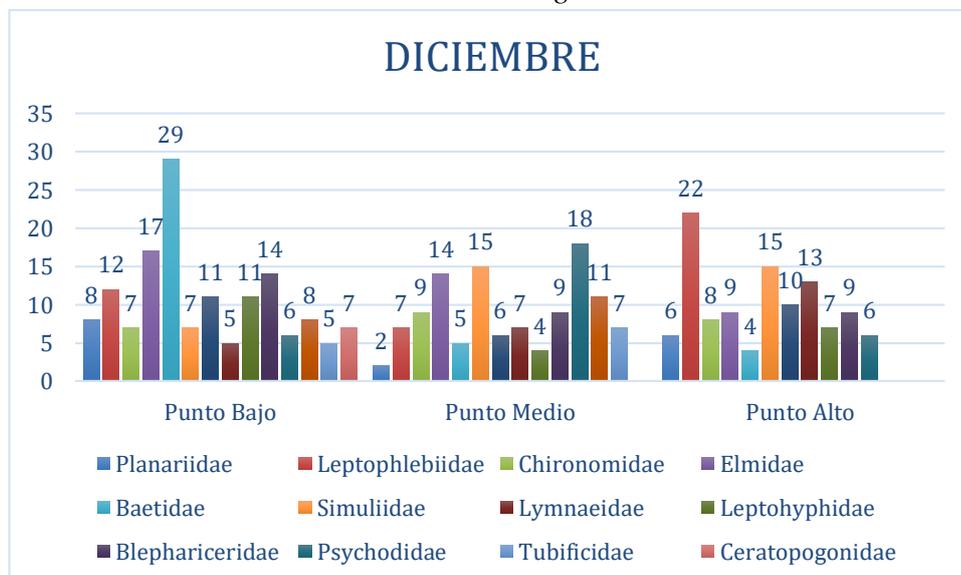
Río del Pongo						
Puntos de Muestreo	Calidad del Agua				Índice Shannon - Weaver	Diversidad
	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad		
Punto Bajo	91	ACEPTABLE	67	BUENO	2,50	MEDIO
Punto Medio	84	ACEPTABLE	60	BUENO	2,44	MEDIO
Punto Alto	69	ACEPTABLE	52	REGULAR	2,29	MEDIO

Elaborado por: Autores

La gráfica refleja la abundancia de individuos de cada familia encontrados en los tres puntos durante el muestreo del río del Pongo correspondiente al mes de diciembre.

Figura 5.

Familias de macroinvertebrados del río del Pongo en el mes de diciembre



Elaborado por: Autores

12.2.6 Interpretación de resultados del mes de Diciembre del río del Pongo.

En el mes de diciembre se obtuvo como resultados los siguientes datos: En el punto bajo del río del Pongo correspondiente al sector Troje Guasha se calculó el puntaje del índice BMWP siendo el valor obtenido 91, en el punto medio, sector Era Loma se obtuvo un valor de 84 y en el punto alto que se encuentra en el sector Quilag arrojó un valor de 69, lo que indica que los tres puntos presentan una calidad de agua aceptable esto significa que son aguas con bajas evidencias de contaminación, representadas con el color verde de acuerdo a la escala de valores en la Tabla 7.

El valor del índice ABI en el río del Pongo en el punto bajo sector Troje Guasha se obtuvo un valor de 67, en el punto medio sector Era Loma se determinó un valor de 60 reflejando una calidad de agua buena y en el punto alto sector Quilag un valor de 52 determinando una calidad de agua regular, según los puntajes detallados en la Tabla 8.

En los tres puntos de muestreo en el mes de diciembre en el río del Pongo se encontraron 13 familias de macroinvertebrados los cuales son: Planariidae, Leptophlebiidae, Chironomidae, Elmidae, Baetidae, Simuliidae, Lymnaeidae, Leptohiphidae, Blephariceridae, Psychodidae, Tubificidae, Ceratopogonidae, Planariidae. Encontrándose en mayor cantidad los del orden Diptera y Ephemeroptera. Y calculando el Índice de Shannon Weaver se obtuvo una Biodiversidad Media en los tres puntos del río del Pongo del mes de diciembre. En el punto bajo y punto medio la familia con mayor número de individuos fue Batidae con una valoración de 8 representado en la Tabla 3, y el punto alto la familia con mayor cantidad de individuos fue Leptophlebiidae, con un puntaje de 9, esta familia habita en ríos y quebradas poco contaminadas, siendo así los macroinvertebrados apropiados para la evaluación de la contaminación del recurso hídrico. reflejado en la Tabla 3.

12.2.7 Calidad de agua del Río del Pongo por medio de bioindicadores en el mes de Febrero.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo de los índices biológicos e índice de diversidad aplicados en el río del Pongo en el mes de febrero.

Tabla 13.

Resultados de la calidad de agua del río del Pongo correspondiente al mes de febrero

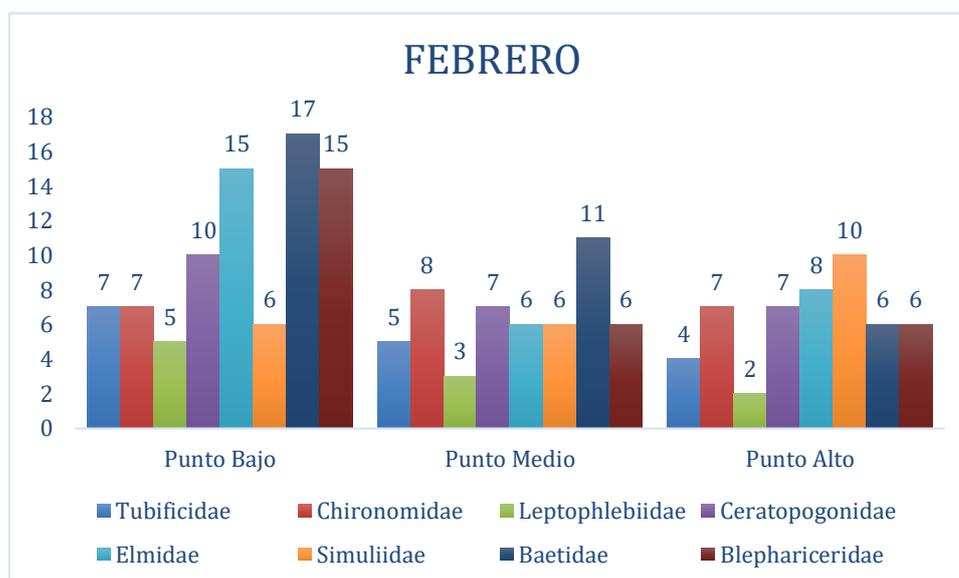
Río del Pongo						
Puntos de Muestreo	Calidad del Agua				Índice Shannon - Weaver	Diversidad
	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad		
Punto Bajo	48	DUDOSA	41	REGULAR	1,99	MEDIO
Punto Medio	59	DUDOSA	42	REGULAR	2,22	MEDIO
Punto Alto	62	ACEPTABLE	48	REGULAR	2,20	MEDIO

Elaborado por: Autores

La gráfica refleja la abundancia de individuos de cada familia encontrados en los tres puntos durante el muestreo del río del Pongo correspondiente al mes de febrero.

Figura 6.

Familias de macroinvertebrados del río del Pongo en el mes de febrero



Elaborado por: Autores

12.2.8 Interpretación de resultados del mes de Febrero del río del Pongo.

En el mes de febrero se obtuvo como resultados los siguientes datos: En el punto bajo del río del Pongo correspondiente al sector Troje Guasha se calculó el puntaje del índice BMWP siendo el valor obtenido 48, en el punto medio, sector Era Loma se obtuvo un valor de 59, lo que indica que estos dos puntos presentan una calidad de agua dudosa, esto significa que son aguas moderadamente contaminadas, caracterizadas con el color amarillo en la tabla de valores asignados para este método y en el punto alto que se encuentra en el sector Quilag arrojo un

valor de 62 el cual determina el agua es aceptable, representada con el color verde de acuerdo a la escala de valores en la Tabla 7.

El valor del índice ABI en el río del Pongo en el punto bajo sector Troje Guasha se obtuvo un valor de 41, en el punto medio sector Era Loma se determinó un valor de 42 y en el punto alto sector Quilag un valor de 48 determinando una calidad de agua regular en los tres puntos, según los valores detallados en la Tabla 8.

En los tres puntos de muestreo en el mes de febrero en el río del Pongo se encontraron 10 familias de macroinvertebrados los cuales son: Tubificidae, Chironomidae, Leptophlebiidae, Ceratopogonidae, Elmidae, Simuliidae, Baetidae, Blephariceridae, Tubificidae, Psychodidae. Encontrándose en mayor cantidad los del orden Diptera y Ephemeroptera. Y calculando el Índice de Shannon Weaver se obtuvo una Biodiversidad Media en los tres puntos del río del Pongo del mes de febrero. En el punto bajo la familia con mayor número de individuos fue Batidae con una valoración de 8 representado en la Tabla 3, y el punto alto la familia con mayor cantidad de individuos fue Simuliidae, con un puntaje de 8, esta familia habita en ríos y quebradas poco contaminadas, siendo así los macroinvertebrados apropiados para la evaluación de la contaminación del recurso hídrico. reflejado en la Tabla 3.

12.3 Comparación de los resultados Físico – Químicos.

Tabla 14.
Comparación de los Resultados Físicos-Químicos del Río Providencia

Elaborado por: Autores

Parámetro	Unidades	Resultado del análisis Río Providencia						Límite Máximo Permisible para uso de riego (A M 097 A)	Resultado del análisis Río Providencia							
		Punto Bajo Benito Pamba		Punto Medio Rodeo Loma		Punto Alto Chinchil			Punto Bajo Benito Pamba		Punto Medio Rodeo Loma		Punto Alto Chinchil			
		Dic	Feb	Dic	Feb	Dic	Feb		Dic	Feb	Dic	Feb	Dic	Feb		
1	Ca	(mg/l)	16,59	23,00	16,53	24,00	16,39	24,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	Mg	(mg/l)	10,70	12,00	10,60	12,50	10,50	12,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	Na	(mg/l)	14,66	24,00	14,54	24,00	14,40	23,80	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4	K	(mg/l)	2,77	1,00	2,64	1,10	2,85	1,10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5	pH	pH	8,25	8,43	8,26	8,49	8,29	8,51	6.5-8.4	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Severo	
6	CE	mS/cm	0,26	0,30	0,26	0,30	0,25	0,29	0.3.0	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	
7	RAS		0,69	1,01	0,69	0,99	0,68	0,99	3.0-9.0	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
			E	B	E	E	E	E								

Tabla 15.
Comparación de los Resultados Físicos-Químicos del Río Pongo

Parámetro	Unidades	Resultado del análisis Río Del Pongo						Límite Máximo Permisible para uso de riego (A M 097 A)	Resultado del análisis Río Del Pongo							
		Punto Bajo Troje Guasha		Punto Medio Era Loma		Punto Alto Quilag			Punto Bajo Troje Guasha		Punto Medio Era Loma		Punto Alto Quilag			
		Dic	Feb	Dic	Feb	Dic	Feb		Dic	Feb	Dic	Feb	Dic	Feb		
1	Ca	(mg/l)	24,00	19,00	16,24	19,00	16,39	19,00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	Mg	(mg/l)	15,00	10,00	10,60	9,50	10,50	9,50	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	Na	(mg/l)	25,50	20,60	14,59	20,00	14,58	20,20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4	K	(mg/l)	1,40	0,90	2,72	1,00	2,70	1,10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5	pH	pH	8,20	8,25	8,22	8,18	8,27	8,26	6.5-8.4	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	
6	CE	mS/cm	0,30	0,23	0,26	0,24	0,26	0,23	0.7-3.0	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	Ligero Moderado	
7	RAS		1,01	0,95	0,69	0,93	0,69	0,94	3.0-9.0	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
			B	E	E	E	E	E								

Elaborado por: Autores

Los resultados de los análisis físico-químicos en los tres puntos de muestreo del Río Del Pongo demostraron que los parámetros analizados se encuentran dentro de los rangos permisibles, por otro lado en el Río Providencia el parámetro del pH en el punto alto en el sector Chinchil fue 8,51 en el mes de febrero, el cual excede el límite máximo permisible establecido en la Tabla 4 del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA correspondiente a la calidad de agua para riego.

Esto se debe a que en el mes de febrero los resultados de las concentraciones de los elementos analizados en el laboratorio se evidencio un aumento en comparación al mes de diciembre, reflejado en la tabla 14. El incremento de dichos elementos se debe a que el muestreo se realizó en una época seca y además se evidencio una gran cantidad de cultivos en los sectores aledaños esto afecta al incremento del pH ya que como estos cultivos necesitan fertilizantes y químicos para su crecimiento esto mediante infiltración y drenaje que se descargan al río.

Tabla 16.*Tabla Comparativa de los muestreos realizados en el río Providencia diciembre y febrero*

Puntos de Monitoreo	Mes	Calidad del Agua				Índice Shannon Weaver	Diversidad	Abundancia
		BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad			
Punto Bajo Benito Pamba	DIC	78	ACEPTABLE	60	BUENO	MEDIA	2,30	134
	FEB	59	DUDOSA	43	REGULAR	MEDIA	2,12	84
Punto Medio Rodeo Loma	DIC	72	ACEPTABLE	51	REGULAR	MEDIA	2,21	110
	FEB	54	DUDOSA	46	REGULAR	MEDIA	1,94	69
Punto Alto Chinchil	DIC	86	ACEPTABLE	64	REGULAR	MEDIA	2,12	86
	FEB	46	DUDOSA	40	REGULAR	MEDIA	1,90	70

Elaborado por: Autores

La calidad de agua de acuerdo con los resultados obtenidos de los muestreos realizados en el mes de diciembre en el río Providencia, en el cual la recolección, identificación y clasificación de los macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a su taxonomía y puntuación según las tablas correspondientes dan a conocer qué; el índice de BMWP/col indica que en este río en los tres puntos de muestreo se encuentra una calidad de agua Aceptable, ya que se encontraron familias que presentan una puntuación de tolerancia baja a la contaminación, con respecto al índice ABI en el mes de diciembre, en el punto bajo existe una calidad de agua Buena y en el punto medio y alto se obtuvo una calidad de agua Regular. En el índice de Shannon Weaver se presenta una biodiversidad media en los 3 puntos según tabla de evaluación de la biodiversidad en el intervalo de 1.6 a 3.

Con respecto al mes de febrero de acuerdo al índice BMWP/col presenta una calidad de agua Dudosa en los tres puntos muestreados, debido a que se hallaron familias con un puntaje medio de tolerancia a la contaminación, con respecto al índice ABI en el mes de febrero, en los tres puntos de muestreo se determinó una calidad de agua Regular. Según el índice de Shannon Weaver existe una biodiversidad media en los tres puntos según tabla de evaluación de la biodiversidad en el intervalo de 1.6 a 3.

Tabla 17.

Tabla Comparativa de los muestreos realizados en el río del Pongo diciembre y febrero

Elaborado por: Autores

La calidad de agua de acuerdo con los resultados obtenidos de los muestreos realizados en el mes de diciembre en el río del Pongo, en el cual la recolección, identificación y clasificación de los macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a su taxonomía y puntuación

Puntos de Monitoreo	de Mes	Calidad del Agua				Índice Shannon Weaver	Diversidad	Abundancia
		BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad			
Punto Bajo Troje Guasha	DIC	91	ACEPTABLE	67	BUENO	MEDIA	2,50	147
	FEB	48	DUDOSA	41	REGULAR	MEDIA	1,99	82
Punto Medio Era Loma	DIC	84	ACEPTABLE	60	BUENO	MEDIA	2,44	114
	FEB	59	DUDOSA	42	REGULAR	MEDIA	2,22	78
Punto Alto Quilag	DIC	69	ACEPTABLE	52	REGULAR	MEDIA	2,29	109
	FEB	62	ACEPTABLE	48	REGULAR	MEDIA	2,20	66

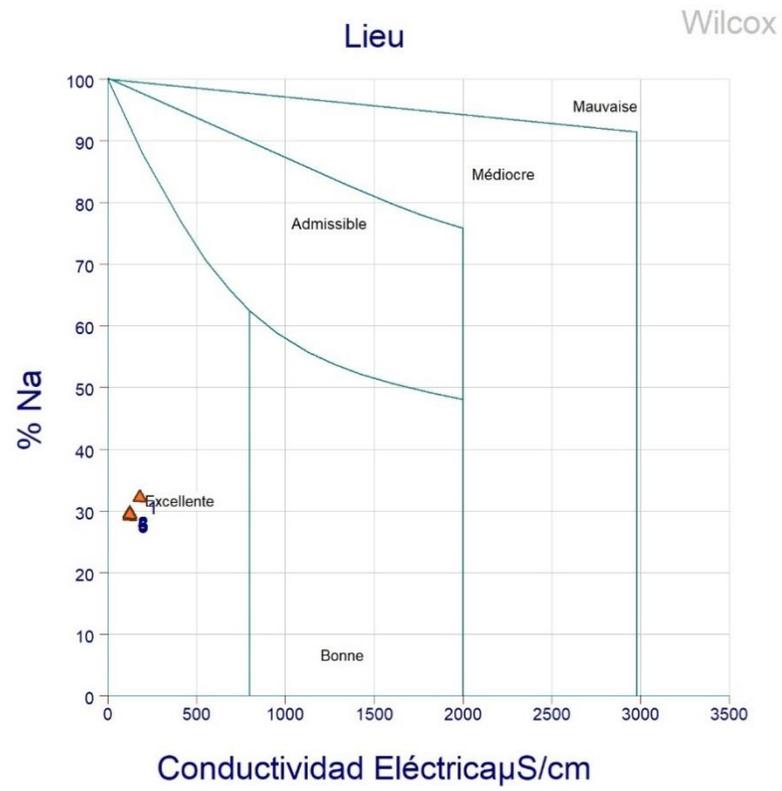
según las tablas correspondientes dan a conocer qué; el índice de BMWP/col indica que en este río en los tres puntos de muestreo se encuentra una calidad de agua Aceptable, ya que se encontraron familias que presentan una puntuación de tolerancia baja a la contaminación, con respecto al índice ABI en el mes de diciembre, en el punto bajo y punto medio existe una calidad de agua Buena y en el punto alto se obtuvo una calidad de agua Regular. En el índice de Shannon Weaver se presenta una biodiversidad media en los 3 puntos según tabla de evaluación de la biodiversidad en el intervalo de 1.6 a 3.

Con respecto al mes de febrero de acuerdo al índice BMWP/col presenta una calidad de agua Dudosa en los puntos bajo y medio, debido a que se hallaron familias con un puntaje medio de tolerancia a la contaminación, y en el punto alto la calidad del agua es Aceptable, con respecto al índice ABI en el mes de febrero, en los tres puntos de muestreo se determinó una calidad de agua Regular. Según el índice de Shannon Weaver existe una biodiversidad media en los tres puntos según tabla de evaluación de la biodiversidad en el intervalo de 1.6 a 3.

12.4 DIAGRAMA DE WILCOX

Figura 7.

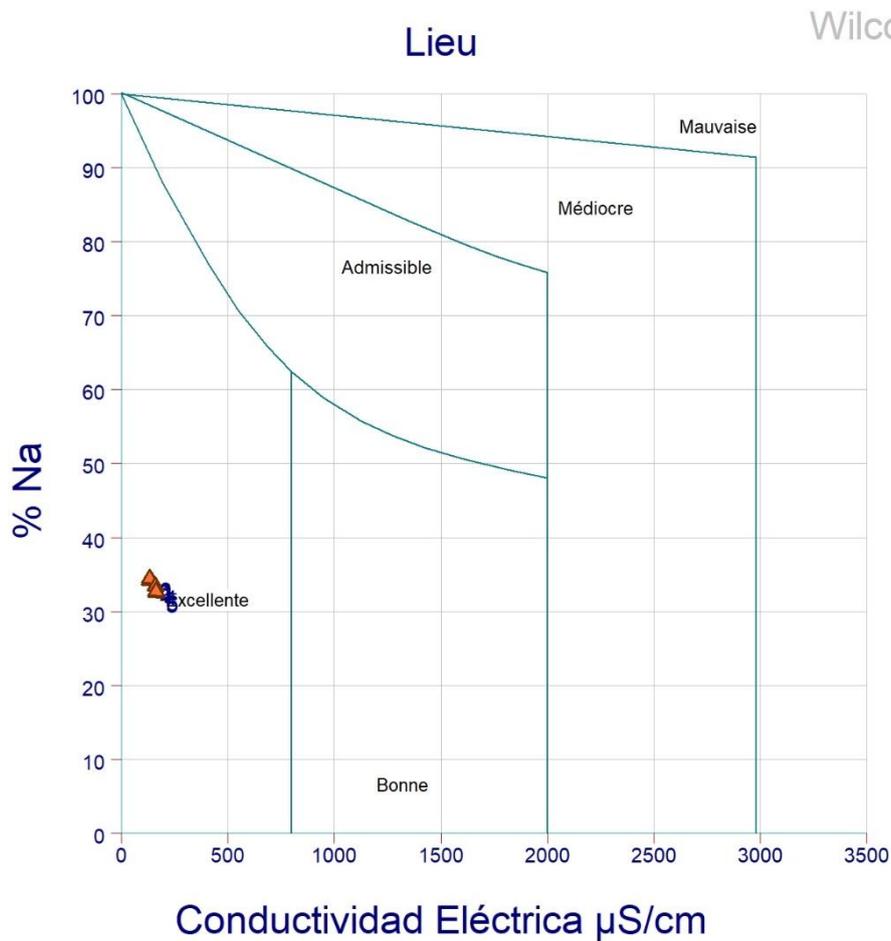
Diagrama de calidad del agua para riego según Wilcox en el mes de diciembre en los dos ríos



Elaborado por: Autore

Figura 8.

Diagrama de calidad del agua para riego según Wilcox en el mes de febrero en los dos ríos



Este diagrama utiliza la relación entre la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y la Conductividad Eléctrica (EC), la actividad de los iones de sodio en el agua que provoca cambios y la degradación gradual de la estructura y la permeabilidad del suelo, provoca problemas de infiltración debido a su densidad.

Los puntos de muestreo seleccionados en los ríos Providencia y del Pongo en los meses de diciembre (**Figura 7**) y febrero (**Figura 8**), presentaron una clasificación excelente para su utilización como agua de riego, con estos valores se aprueba el uso del agua proveniente de los dos afluentes, ya que su conductividad eléctrica no supera los 3.0 $\mu\text{S/cm}$, los cuales se encuentran establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, y es apta para su uso dentro de la agricultura ya que no contiene elevadas cantidades de Sodio y tampoco provoca la disminución de absorción de agua por la planta evitando la afectación a la estructura del suelo.

13. DISCUSIÓN

13.1 Caracterización del área de estudio

Luego de realizar las vistas in situ a la zona de estudio, se evidenció que en los puntos bajos de ambos afluentes existen ya pequeñas muestras de contaminación a las riberas de estos, debido a que la población de estos sectores está empezando a desplegar y desarrollar actividades para cubrir sus necesidades. En los sectores aledaños de los puntos medios de estudio se pudo observar actividad ganadera y agrícola por parte de los propietarios de las haciendas existentes del lugar. En los puntos altos de estudio se encontró una exuberante vegetación y variedad de flora y fauna, debido a que estas zonas se aproximan más a la Reserva Ecológica Los Ilinizas.

13.2 Macroinvertebrados como bioindicadores

La calidad del agua es un aspecto importante para la salud de los ecosistemas acuáticos y para los seres humanos que los utilizan (Torres, 2009). En este caso, se han realizado de la calidad del agua del río Providencia en tres puntos diferentes, durante los meses de diciembre y febrero, y se han evaluado la presencia y diversidad de macroinvertebrados en cada uno de ellos.

En el mes de diciembre, se encontró que los tres puntos del río Providencia, presentan una calidad de agua aceptable, con bajas evidencias de contaminación, según el índice BMWP y ABI. Además, se encontraron 11 familias de macroinvertebrados, siendo la familia Baetidae la más abundante en los puntos bajo y alto, mientras que la Chironomidae fue la familia dominante en el punto medio. El Índice de Shannon Weaver excluye una biodiversidad media en los tres puntos.

En cambio, en el mes de febrero, se encontró una disminución en la calidad del agua en los tres puntos, según los valores obtenidos en el índice BMWP. Además, se demostró un cambio en la familia dominante de macroinvertebrados, siendo la Lymnaeidae la más abundante en los puntos medio y alto, mientras que la Baetidae lo fue en el punto bajo. Nuevamente, el Índice de Shannon Weaver indica una biodiversidad media en los tres puntos.

Estos resultados indican que la calidad del agua del río Providencia puede variar significativamente en un corto periodo de tiempo y que la diversidad de macroinvertebrados puede ser un buen indicador de la calidad del agua (Mendoza, 2019). Es importante seguir realizando mediciones regulares de la calidad del agua y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos para poder identificar cambios y tomar medidas adecuadas para protegerlos.

La calidad del agua es un tema de gran importancia debido a su relación con la salud pública y la conservación de los ecosistemas acuáticos. Por esta razón, existen diferentes índices que se utilizan para evaluar la calidad del agua y determinar el grado de contaminación que presenta (Tobón, 2017)

Uno de estos índices es el BMWP, el cual se basa en la presencia y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y su sensibilidad a la contaminación. En el mes de diciembre en el río del Pongo, se obtuvieron valores del índice BMWP en el río del Pongo que indican una calidad de agua aceptable en los tres puntos de demostrado, con valores de 91, 84 y 69 en los sectores Troje Guasha, Era Loma y Quilag, respectivamente.

Además, se encontraron 13 familias de macroinvertebrados en los tres puntos de prueba en el mes de diciembre, siendo las más comunes las pertenecientes a los órdenes Diptera y Ephemeroptera. La familia con mayor número de individuos en los puntos bajo y medio fue Batidae, mientras que en el punto alto fue Leptophlebiidae. Estos resultados indican una biodiversidad media en el río del Pongo en el mes de diciembre.

Otro índice utilizado para evaluar la calidad del agua es el ABI, que se basa en la presencia y abundancia de organismos acuáticos que indican la calidad del agua (Campo y otros, 2019). En el mes de diciembre, los valores del índice ABI en los puntos estudiados del río del Pongo indican una calidad de agua buena en el sector Era Loma y una calidad de agua regular en los sectores Troje Guasha y Quilag, con valores de 67, 60 y 52, respectivamente.

En el mes de febrero, se demostró un cambio en los valores de los índices BMWP y ABI en los puntos de muestreo del río del Pongo. En el sector Troje Guasha, el valor del índice BMWP bajó de 91 a 48, indicando una calidad de agua dudosa. En el sector Era Loma, el valor del índice BMWP disminuyó de 84 a 59, lo que indica que la calidad del agua sigue siendo dudosa. En el sector Quilag, el valor del índice BMWP se redujo de 69 a 62, indicando una calidad de agua aceptable.

En cuanto al índice ABI, se encontraron valores que indican una calidad de agua regular en los tres puntos de prueba del río del Pongo en el mes de febrero, con valores de 41, 42 y 48 en los sectores Troje Guasha, Era Loma y Quilag, respectivamente.

En el mes de febrero se encontraron 10 familias de macroinvertebrados en los tres puntos de demostración del río del Pongo, siendo las más comunes las pertenecientes a los órdenes Diptera y Ephemeroptera. La familia con mayor número de individuos en el sector Troje Guasha y Quilag fue Tubificidae, mientras que en el sector Era Loma fue Baetidae. Los

resultados del índice de Shannon Weaver indican una biodiversidad media en los tres puntos de captura del río del Pongo en el mes de febrero.

La calidad del agua puede variar debido a diversos factores. Uno de ellos es la contaminación. Si el agua está expuesta a contaminantes como productos químicos, residuos industriales o pesticidas agrícolas, su calidad se verá afectada negativamente, lo que resultará en una baja calidad del agua. También es importante considerar la fuente de agua. Dependiendo de si proviene de una fuente subterránea, como un pozo, o de una fuente superficial, como un río o lago, la calidad del agua puede variar. Las fuentes subterráneas tienden a tener una mejor calidad, ya que el suelo actúa como un filtro natural, mientras que las fuentes superficiales pueden estar más expuestas a la contaminación

13.3 Parámetro Físico – Químico.

El estudio realizado en los ríos Del Pongo y Providencia ha permitido evaluar la calidad del agua en ambos cuerpos de agua mediante análisis físico-químicos. Los resultados obtenidos revelaron que los parámetros analizados en los puntos de demostración del Río Del Pongo se encuentran dentro de los rangos permisibles, lo cual indica una buena calidad del agua en términos generales. Sin embargo, se demostró que, en el Río Providencia, específicamente en el punto alto del sector Chinchil, el valor del pH es de 8,51 en el mes de febrero, superando el límite máximo permisible establecido en la Tabla 4 del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA para la calidad de agua destinada al riego.

El aumento del pH en el Río Providencia durante el mes de febrero puede ser atribuido a varios factores identificados en el estudio. En primer lugar, se encontró que las concentraciones de los elementos analizados en el laboratorio mostraron un incremento en comparación con los resultados obtenidos en el mes de diciembre. Esta variación puede ser consecuencia de la época seca en la que se realizó la prueba, lo cual implica una menor dilución de los contaminantes presentes en el agua.

Además, se demostró una gran cantidad de cultivos en los sectores aledaños al río. La presencia de cultivos agrícolas implica la utilización de fertilizantes y químicos para promover el crecimiento y controlar las plagas, los cuales pueden infiltrarse en el suelo y alcanzar el agua subterránea. Estos químicos, al ser arrastrados por la infiltración y el drenaje, pueden terminar descargándose en el río y afectar la calidad del agua. La infiltración de fertilizantes y químicos utilizados en los cultivos puede introducir compuestos que alteren el equilibrio químico del agua, incluyendo el pH. Algunas sustancias químicas presentes en los fertilizantes y pesticidas

pueden tener efectos alcalinizantes, lo que puede contribuir al aumento del pH en el río (Pilay, 2019).

14. RESPUESTA A LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿El uso de índices de calidad de agua mediante bioindicadores y análisis fisicoquímicos, permitirán definir el estado ambiental en el que se encuentra el recurso hídrico?

Si permitieron, ya que gracias a las familias de macro invertebrados y análisis del laboratorio realizados en los ríos se pudo dar una valoración y comparación, los cuales determinaron que la calidad de estos afluentes se encuentran en un estado aceptable y apta para el uso como agua de riego.

15. IMPACTOS

15.1 Sociales

La presente investigación contribuirá con los análisis desarrollados y resultados obtenidos de la calidad del agua de los ríos estudiados, los cuales evidencian un bajo nivel de contaminación. Se busca dar a conocer a la población que este recurso es apto para uso de riego, y por lo tanto deben conservar y mantener en las condiciones actuales para evitar a futuro daños o impactos ambientales sobre el agua de estos ríos.

15.2 Ambientales

En los ríos Providencia y Del Pongo mediante las visitas a la zona de estudio en los puntos bajos se observó una baja cantidad de contaminación, que si se mantiene o llega a crecer por actividades antrópicas esta puede afectar al ecosistema provocando un impacto ambiental a un largo plazo.

Además, que en los puntos medios y altos estudiados se pudo determinar que son zonas con un ambiente libre de contaminación y se mantienen intactos, esto es debido a que son territorios privados y cuentan con un control de seguridad privada favoreciendo a la conservación del ecosistema.

15.3 Económicos

Mediante el estudio desarrollado se verificó que el uso de macro invertebrados como bioindicadores es una técnica sencilla y económica para evaluar el estado ambiental en el que se encuentra el recurso hídrico, y la vez que nos brindan resultados verídicos.

16. CONCLUSIONES

- La delimitación de la zona permitió determinar los seis puntos de muestreo, en los Ríos Providencia y Del Pongo en la Reserva Ecológica Los Ilinizas, en los cuales se logró evidenciar una leve contaminación del recurso hídrico, ya que existe una baja cantidad de población que pueda influir en la provocación de un impacto ambiental.
- La utilización de macroinvertebrados como bioindicadores permitió determinar la calidad del agua del río Providencia en el mes de diciembre, ya que se encontraron 11 familias de estos insectos acuáticos, la familia con mayor número individuos fue Batidae, y en el mes de febrero se encontraron también 11 familias, siendo Batidae y Ceratopogonidae las que mayor cantidad de individuos poseían. En cuanto al río del Pongo en el mes de diciembre se encontraron 13 familias de estos insectos acuáticos, la familia con mayor número individuos fue Batidae y Leptophlebiidae, y en el mes de febrero se encontraron tan solo 10 familias, siendo Batidae y Simuliidae las que mayor cantidad de individuos poseían.
- La utilización de los índices biológicos BMWP/col y ABI nos ayudan a establecer la calidad en la que se encuentran los ríos, sin embargo pueden variar significativamente en cortos periodos de tiempo, según la variedad de individuos y las composiciones taxonomías encontradas ya que por agentes químicos o cambios climáticos pueden variar para que algunos macroinvertebrados desaparezcan y surjan nuevos pero tolerantes a la contaminación.
- Mediante el análisis físico químico se estableció que la calidad del agua es apta para el uso de riego en cinco puntos de estudio ya que los parámetros evaluados no sobrepasan ningún límite máximo permisible establecido en el TULSMA y en el Punto alto del río Providencia en el sector Chinchil el parámetro pH supera el rango permitido, afectando la calidad del agua e imposibilitando su uso como agua de riego.

17. RECOMENDACIONES

- Proporcionar la información obtenida en el presente estudio a la población que se beneficia de este recurso, para que sirva de base en campañas de monitoreo y actividades para proteger los recursos naturales en áreas que están siendo amenazadas por la frontera agrícola a través de capacitaciones o reuniones con personal técnico del GAD Municipal de Latacunga.
- Se recomienda al GAD Municipal de Latacunga realizar estudios de la vegetación que se encuentra a las riberas de los ríos Providencia y Del Pongo, para evidenciar si existe una influencia directa sobre el desarrollo de los macroinvertebrados.
- Según los resultados obtenidos de los Índices biológicos BMWP/col y ABI, el recurso hídrico se encuentra en un estado óptimo para ser utilizado como agua de riego y se recomienda al Gad Municipal de Latacunga que dé a conocer a las comunidades beneficiarias de este recurso, el estado actual de la calidad del agua de estos ríos para conservar las características actuales y evitar su deterioro.
- Se recomienda al GAD Municipal de Latacunga realizar análisis físico – químicos en otras épocas del año para obtener información amplia de la variación de las concentraciones de agentes químicos presentes en los ríos.

18. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias

- Acuerdo Ministerial 097-A*. (2015). Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito.
- Alban Guevara, G. P., Arguello Verdesoto, A. E., & Molina Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Arango, M., Álvarez, L., Arango, G., Torres, O., & Monsalve, A. (6 de 2008). CALIDAD DEL AGUA DE LAS QUEBRADAS LA CRISTALINA Y LA RISARALDA, SAN LUIS, ANTIOQUIA. *Revista EIA*, 1(9), 122-141.
- Ariza, C. P. (2016). Determinación de la calidad del agua a través de la identificación de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca Arroyo La Quebrada, Departamento de la Guajira, Colombia. *Scientific International Journal* , 13(2), 5-16. <http://www.nperci.org/C.%20Ariza-Calidad%20del%20agua-V13N2.pdf>
- Babativa Novoa, C. A. (2017). Investigación cuantitativa. *REDES 2017*, 1, 7-139. <https://core.ac.uk/download/pdf/326424046.pdf>
- Baeza Gómez, E. (31 de 01 de 2017). Calidad del Agua. *BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE*, 1-11. <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Barceló, D., & López de Alda, M. J. (2007). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *PANEL CIENTÍFICO-TÉCNICO DE SEGUIMIENTO DE LA POLÍTICA DE AGUAS. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC*, 1-26. https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Bochardt, & Walton. (2017). *Analisis fisico-quimico del agua*.

- Campo, Y. M., Rebolledo, M. I., & Londoño, A. M. (01 de mayo de 2019). *Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI*. Acta Biológica Colombiana: <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. (M. Otto Zambrano, Ed.) *EcoCiencia*, 28-32. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Carrera, L. (2016). *Aplicación combinada del método BMWP –ABI – ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Código Orgánico del Ambiente*. (2017). Quito.
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*. (2008). Ciudad Alfaro, Montecristi, Ecuador.
- Cumbal, H., & Bundschuc, J. (2016). *Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America*.
- Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). *Catálogo y claves de identificación de organismos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. https://www.researchgate.net/profile/Romina-Alvarez-Troncoso/publication/257622948_Id-Tax_Catalogo_y_claves_de_identificacion_de_organismos_invertebrados_utilizados_como_elementos_de_calidad_en_las_redes_de_control_del_estado_ecologico/links/582c3c3608aef
- ENDARA GONZÁLEZ, J. P. (2020). DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SAMBACHE MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIA PARA SU RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN. 3-39. https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/20885/1/72758_1.pdf
- Fernández Cirelli, A. (03 de Diciembre de 2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170. Retrieved 16 de 12 de 2022, from <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Fiallos Heredia, J. W. (2005). *La rentabilidad económica y los beneficios ambientales de la agricultura sustentable: caso de la parroquia de Toacazo en la provincia de Cotopaxi*.

- Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/1199>
- Flores Miranda, S. J. (03 de 2019). Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bolognia para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil. *Fides Et Ratio*, 17, 215 -238.
http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v17n17/v17n17_a11.pdf
- Galindo, G., Fernandez, J., Parada, M., & Torrente, D. (2016). *Arsenico en Aguas*. Argentina.
https://digotal.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo_et_al-Arsenico-2005.pdf
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2018). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental*.
- García, R., Moreno, C., & Gutiérrez, J. (2017). *Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas*. Mexico.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO. (2014). *DIAGNOSTICO DE LA PARROQUIA TOACASO*.
- GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE TOACASO. (2020). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE TOACASO*.
- Gómez, N., Domínguez, E., Rodrigues Capítulo, A., & Fernández, H. R. (2020). Los indicadores biológicos. *La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina*, 58-71. <https://ibn.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/113/2021/05/4-Gomez-et-al.-2020-Los-indicadores-biologicos.pdf>
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio.
- Gonzales, C. P., & Arana Maestre, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú.
<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

- Grijalva Endara, A. d., Jiménez Heinert, M. E., & Ponce Solórzano, H. X. (04 de 10 de 2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. *RECIMUNDO*, 79-93. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.79-93](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.79-93)
- GUADARRAMA TEJAS, R., KIDO MIRANDA, J., ROLDAN ANTUNEZ, G., & SALAS SALGADO, M. (07 de 09 de 2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1-10. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guilcamaigua, D., & Chancusig, E. (2019). Evaluación De La Calidad Del Agua De Riego en Tres Agrosistemas: Tradicional, Orgánico Y Convencional. 1-24.
- Herbas Antezana, R. C., Rivero Ostoico, F., & González Ramos, A. (31 de 10 de 2006). INDICADORES BIOLÓGICOS DE CALIDAD DEL AGUA. 2-21. Academia Edu: https://www.academia.edu/30048592/INDICADORES_BIOLOGICOS_DE_CALIDAD_DEL_AGUA
- IDEAM. (2006). MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, DETERMINACIÓN TAXONOMICA - CONTEO. 1-15. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Macroinvertebrados+acuaticos..pdf/e5730a5b-069f-4400-8d2d-a31d8603a196>
- Irrazábal, N., & Molinari Marotto, C. (2005). Técnicas experimentales en la investigación de la comprensión del lenguaje. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 37(3), 581-594. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-05342005000300009#:~:text=Llamamos%20%22t%C3%A9cnicas%20experimentales%22%20a%20las,que%20ser%C3%A1n%20analizados%20e%20interpretados.
- Jiménez Colina, Y. N., & Suárez Porrillo, M. d. (2014). *INVESTIGACION DE CAMPO COMO ESTRATEGIA METODOLOGICA PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS*. Universidad Dr. Adolfo Calimán González, Maracaibo. <http://ujgh.edu.ve/wp-content/uploads/2021/03/IJIP-27.pdf>
- Leaño Sanabria, J. J., & Pérez Barriga, D. (03 de 2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas,

- Municipio de Entre Ríos - Tarija. *Acta Nova*, 9(4), 569 - 591.
http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v9n4/v9n4_a07.pdf
- Loayza Maturrano, E. F. (2021). El fichaje de investigación como estrategia para la formación de competencias investigativas. *Educare et Comunicare*, 9(1), 67-77.
<https://www.aacademica.org/edward.faustino.loayza.maturrano/22.pdf>
- Lozano Ortiz, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogota. *Umbral Científico*(7), 5-11. <https://www.redalyc.org/pdf/304/30400702.pdf>
- Masseroni, M. L., Aumassanne, C. M., Sartor, P. D., Zamora, C. D., & Fontanella, D. R. (2018). CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO: SITUACIÓN HISTÓRICA Y ACTUAL DEL RÍO COLORADO . *Maria*, 40(2), 44-53.
- Mendoza, S. L. (23 de Abril de 2019). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)*.
<https://www.redalyc.org/journal/852/85263724007/html/>
- Pérez, G. R. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Pilay, M. P. (Agosto de 2019). *INNOVA Research Journal*.
<https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/index>
- PLA, L. (2006). BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. *Interciencia*, 31(8), 583-590.
<https://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>
- Quinteros Carabalí, J., Gómez García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Carrera Villacrés, D. (2019). *valuación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco* (Vol. 6). Quito: Siembra.
<https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1566>
- Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, 38(3), 41-51. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Ramirez, N. (2016). *Manejo de Cuencas Hidrográficas y Recursos Forestales*.

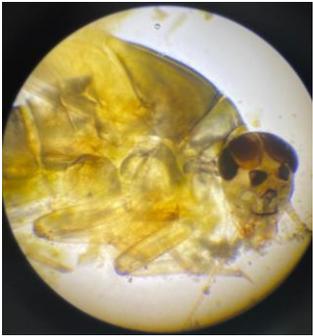
- Rincón Ramírez, J., Merchán Andrade, D., Rojas López, D., Sparer Larriva, A., & Zárata Hugo, E. (2017). *LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LOS RÍOS DEL PARQUE NACIONAL CAJAS*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Ríos-Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 249-273. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62s2/a17v62s2.pdf>
- Rodríguez, A. (2005). *Plan de negocios como estrategia competitiva del campamento Tomacoco*. México: Universidad de las Américas Puebla. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/armida_r_a/capitulo3.pdf
- Rodríguez, M. G. (2009). La hidrosfera. En M. G. Rodríguez, *Biología y geología* (pág. 26). Cenoposiciones. https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Rodriguez-80/publication/263925744_La_hidrosfera_El_ciclo_del_agua_La_contaminacion_del_agua_Metodos_de_analisis_y_depuracion_El_problema_de_la_escasez_del_agua/links/5486d67c0cf2ef34478c2e1e/La-hidrosfera-El-ci
- Roldán Pérez, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Centro de Investigaciones. <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Salvatierra Suárez, T. (2012). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el Rio Gil González y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua. *Revista Universidad y Ciencia*, 6(9), 38-46. <https://www.lamjol.info/index.php/UYC/article/view/1958/1754#:~:text=Son%20exce lentes%20indicadores%20biol%C3%B3gicos%20de,la%20calidad%20del%20ecosist ema%20acu%C3%A1tico>.
- Samanez Valer, I., Rimarachín Ching, V., Palma Gonzales, C., Arana Maestre, J., Ortega Torres, H., Correa Roldán, V., & Hidalgo Del Águila, M. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú / Departamento de Limnología*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta->

identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf

- Tinoco Cuenca, N., Cajas Palacios, M., & Santos Jiménez, O. (2018). Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. *REDES* 2017, 43-54. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14209/1/Cap.3-Dise%C3%B1o%20de%20investigaci%C3%B3n%20cualitativa.pdf>
- Tobón, S. R. (15 de febrero de 2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad de agua*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>
- Torres, P. (05 de octubre de 2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

19. ANEXOS

Anexo 1. Guía de macro invertebrados encontrados en los ríos Providencia y del Pongo

N.º	Taxonomía	Descripción	Fotografía
1	Clase: Insecta Orden: Díptera Familia: Chironomidae Género: <i>Larsia</i> sp	Larvas eucéfalas. Con pseudópodos anales y torácicos. Se encuentran en todo tipo de hábitats dulceacuícolas. Algunas especies son muy tolerantes a la contaminación y soportan condiciones de anoxia. De alimentación muy variable (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2012)	
2	Clase: Insecta Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae	Ángulo posterior de los terguitos abdominales no prolongado en un proceso a lado. Branquias no plumosas. Cercos con sedas en el margen interno. Viven en todo tipo de ambientes de agua dulce, especialmente abundantes en arroyos y ríos. Algunas especies son tolerantes a la contaminación orgánica (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2012)	
3	Clase: Insecta Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: <i>Andesiops</i>	Habita en ríos y quebradas no contaminadas. Sin setas entre la prosteca y la mola mandibular; uñas tarsales con dos hileras de dentículos, la segunda puede estar reducida. Uñas tarsales con un par de setas débiles. Branquias presentes en los segmentos abdominales I-VII. Tibia sin un arco de setas (Rincón Ramírez y otros, 2017)	

4	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: Blephariceridae</p> <p>Género: <i>Limonicola</i></p>	<p>Las formas larvarias se caracterizan por presentar el tórax y el primer segmento abdominal fusionados a la cabeza, siendo indiferenciables. El dorso es de coloración negra o café, la parte ventral es clara (blanca o gris) y lleva una fila de discos succionadores que sirven para adherirse al sustrato (Rincón Ramírez y otros, 2017)</p>	
5	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Díptera</p> <p>Familia: Simuliidae</p> <p>Género: <i>Gigantodax</i></p>	<p>Se desarrollan en la mayoría de hábitat acuáticos, como lagos, ríos y quebradas donde habitan la zona bentónica.</p> <p>En el margen lateral de los segmentos 3 al 6 presentan setas delgadas organizadas de manera regular. El margen anterior del labio es relativamente recto (Rincón Ramírez y otros, 2017)</p>	
6	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: Ceratopogonidae</p>	<p>Larvas eucéfalas. Con pseudópodos anales, sin pseudópodos torácicos.</p> <p>Se encuentran en todo tipo de ambientes de agua dulce, asociados a la vegetación. Detritívoros, algunos depredadores (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2012)</p>	
7	<p>Clase: Oligochaeta</p> <p>Orden: Haplotaxida</p> <p>Familia: Tubificidae</p>	<p>Los oligoquetos acuáticos tienen la misma estructura de los terrestres. Su alimentación consiste principalmente de algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales. Pueden vivir en los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras (Roldán Pérez, 1996)</p>	

8	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Ephemeroptera</p> <p>Familia: Leptophlebiidae</p>	<p>7 pares de branquias en posición lateral, no plumosas, simples, bífidas o dobles y de forma variada. Cercos con sedas en los márgenes interno y externo. Habitan ríos, asociados a sustratos de gravas y arenas. Detritívoros, se alimentan de materia orgánica en descomposición (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2012)</p>	
9	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: Ceratopogonidae</p> <p>Género: Stilobezzia</p>	<p>Las larvas se caracterizan por presentar la sutura frontal mediana o larga. La grasa corporal esplánica no pigmentada. Las setas perianales cortas o medianas, collar sin una expansión ventral. Algunas setas de la cabeza ramificadas. Los ojos compuestos por dos elementos que pueden estar separados o continuos. La mayoría de los segmentos del cuerpo se encuentran segmentados. Las setas perianales son cortas (Rincón Ramírez y otros, 2017)</p>	
10	<p>Clase: Arachnid</p> <p>Orden: Aranei</p> <p>Familia: Argyroneta aquatica</p>	<p>Cuerpo claramente dividido en dos tagmas, separados por un pedicelo. Piezas bucales no agrupadas. Con cuatro pares de patas. Tamaño: hasta 20 mm. La especie Argyroneta aquatica (Clerck 1757) vive en aguas remansadas o con escasa movilidad. Se alimenta de pequeños artrópodos y larvas de otros animales (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2012)</p>	

11	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Ephemeroptera</p> <p>Familia: Baetidae</p> <p>Género: <i>Baetodes</i></p>	<p>Habita en ríos y quebradas no contaminadas. Presentan branquias en los segmentos abdominales I – V solamente, y uñas tarsales aguzadas hacia el ápice (Rincón Ramírez y otros, 2017)</p>	
12	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Coleoptera</p> <p>Familia: Elmidae</p> <p>Género: <i>Austrolimnius</i> (adulto)</p>	<p>Los adultos miden aproximadamente entre 1-1.5 mm. Se caracterizan por presentar una epipleura con una o dos hileras longitudinales de gránulos, élitros con carenas laterales prominentes sobre el quinto y séptimo intervalo (Rincón Ramírez y otros, 2017)</p>	
13	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Diptera</p> <p>Familia: Psychodidae (pupa)</p>	<p>Larvas eucéfalas. Sin pseudópodos. Tórax no engrosado, con segmentación de nida. Cápsula cefálica totalmente esclerificada. Cuerpo deprimido, con 14 o más segmentos postcefálicos, y con placas dorsales quitinizadas. Son frecuentes en sedimentos y detritos de los márgenes de ríos y charcas (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2012)</p>	
14	<p>Clase: Gastropoda</p> <p>Orden: Gasterópoda</p> <p>Familia: Lymnaeidae</p>	<p>Concha cónica dextrógira; viven prácticamente en todo tipo de agua y resisten cierto grado de contaminación (Roldán Pérez, 1996).</p>	

15	<p>Clase: Insecta</p> <p>Orden: Ephemeroptera</p> <p>Familia: Leptohiphidae</p>	<p>Tamaño variable 3.0-5.0 mm. Agallas en el segundo segmento abdominal operculadas trianguladas, u ovaladas no se juntan en la mitad del abdomen. Pueden ser encontradas en troncos sumergidos, rocas (Roldán Pérez, 1996).</p>	
16	<p>Clase:</p> <p>Orden: Tricladida</p> <p>Familia: Planariidae</p>	<p>Miden entre 2,6 mm y 3,7 mm. Presentan colores grises, pardos, amarillentos o blancos, el cuerpo es plano y alargado. Viven en aguas poco profundas, tanto corrientosas como estancadas, debajo de piedras, ramas, hojas y sustratos similares, en ambientes acuáticos bien oxigenados, pero algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación (Roldán Pérez, 1996).</p>	

Anexo 2. Resultados de análisis Físicos – Químicos del mes de Diciembre

MC-LASPA-2201-01

	ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 22-0723

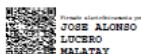
NOMBRE DEL CLIENTE: Bautista Bautista Omar Emerson
PETICIONARIO: Bautista Bautista Omar Emerson
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Bautista Bautista Omar Emerson
DIRECCIÓN: Cotopaxi

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 09/12/2022
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 9:54
FECHA DE ANÁLISIS: 12/12/2022
FECHA DE EMISIÓN: 16/12/2022
ANÁLISIS SOLICITADO: AGUA 1

Análisis	Ca	Mg	Na	K	N ⁺	pH	CE	RAS	Dureza*	CO ₃ ⁺	HCO ₃ ⁺	Cl ⁻ *	SO ₄ ⁺	B ⁺	Fe ⁺	Zn +	Cu ⁺	Mn ⁺	P ⁺	IDENTIFICACIÓN
Unidad	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)			mS/cm			(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	ppm	
22-2675	24,0	15,0	25,6	1,4		8,20	0,30	1,01	B											Punto 1 Río Pongo
22-2676	16,24	10,6	14,59	2,72		8,22	0,26	0,69	E											Punto 2 Río Pongo
22-2677	16,39	10,5	14,58	2,70		8,27	0,26	0,69	E											Punto 3 Río Pongo
22-2678	16,59	10,7	14,66	2,77		8,25	0,26	0,69	E											Punto 1 Río Providencia
22-2679	16,53	10,6	14,54	2,64		8,26	0,26	0,69	E											Punto 2 Río Providencia
22-2680	16,39	10,5	14,40	2,85		8,29	0,25	0,68	E											Punto 2 Río Providencia

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

* Ensayos no solicitados por el cliente



Prueba digitalizada por
JOSE ALONSO
LUCCERO
MALATAY

LABORATORISTA



Prueba digitalizada por
IVAN RODRIGO
SAMANTIGO
MALGODA

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Anexo 3. Resultados de análisis Físicos – Químicos del mes de Febrero

MC-LASPA-2201-01

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua. Tifs. (02) 3007284 / (02)2504240	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 23-0055

NOMBRE DEL CLIENTE: Bautista Bautista Omar Ernesto
PETICIONARIO: Bautista Bautista Omar Ernesto
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Bautista Bautista Omar Ernesto
DIRECCIÓN: Toacaso

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14/02/2023
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:14
FECHA DE ANÁLISIS: 22/02/2023
FECHA DE EMISIÓN: 01/03/2023
ANÁLISIS SOLICITADO: AGUA 1

Análisis	Ca	Mg	Na	K	N*	pH	CE	RAS	Dureza		CO3	HCO3	Cl ⁻	SO4	B*	Fe ⁺	Zn ⁺	Cu ⁺	Mn ⁺	P*	IDENTIFICACIÓN	
Unidad	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)			mS/cm				(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	ppm		
23-0434	19,0	10,0	20,6	0,9		8,25	0,23	0,95	E	88,6	M											Muestra 1 Río Pongo
23-0435	19,0	9,5	20,0	1,0		8,18	0,24	0,93	E	86,6	M											Muestra 2 Río Pongo
23-0436	19,0	9,5	20,2	1,1		8,26	0,23	0,94	E	86,6	M											Muestra 3 Río Pongo
23-0437	23,0	12,0	24,0	1,0		8,43	0,30	1,01	B	106,8	M											Muestra 1 Río Providencia
23-0438	24,0	12,5	24,0	1,1		8,49	0,30	0,99	E	111,4	M											Muestra 2 Río Providencia
23-0439	24,0	12,0	23,8	1,1		8,51	0,29	0,99	E	109,3	M											Muestra 3 Río Providencia

OBSERVACIONES:



LABORATORISTA



RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Anexo 4. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del río Providencia en el mes de diciembre

PUNTO BAJO RÍO PROVIDENCIA							
DICIEMBRE							
FECHA DE RECOLECCIÓN	08/12/2022	HORA DE RECOLECCIÓN	2:10 PM	TEMPERATURA	6-8°C		
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/12/2022	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Bajas precipitaciones	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑO		
COORDENADAS:	X		Y		ALTITUD:		
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE		BMWP/col	ABI	Shannon
1	Diptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	3	2	2	2,30
2	Ephemeroptera	Baetidae		25	7	4	
3	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		16	9	10	
4	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	11	7	4	
5	Haplontaxida	Tubificidae		2	1	1	
6	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (adulto)</i>	13	6	5	
7	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i>	9	7	4	
8	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	6	10	10	
9	Ephemeroptera	Leptohyphidae		20	7	7	
10	Diptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	13	8	5	
11	Tricladida	Planariidae		11	7	5	
12	Diptera	Psychodidae		5	7	3	
TOTAL				134	78	60	
RESULTADOS					ACEPTABLE	BUENO	

Anexo 5. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del río Providencia en el mes de diciembre

PUNTO MEDIO RÍO PROVIDENCIA							
DICIEMBRE							
INFORMACIÓN GENERAL							
RECOLECCIÓN	08/12/2022	RECOLECCIÓN	2:10 PM	TEMPERATURA	6-8°C		
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/12/2022	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Bajas precipitaciones	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑOĞ		
COORDENADAS:	X		Y		ALTITUD:		
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE		BMWP/col	ABI	Shannon
1	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i>	7	7	4	2,21
2	Diptera	Blephariceridae	<i>Limnicola</i>	5	10	10	
3	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		13	9	10	
4	Diptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	4	2	2	
5	Ephemeroptera	Baetidae		22	7	4	
6	Haplotaxida	Tubificidae		3	1	1	
7	Gasterópoda	Lymnaeidae		17	8	3	
8	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	7	7	4	
9	Díptera	Psychodidae		4	7	3	
10	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (adulto)</i>	11	6	5	
11	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	17	8	5	
TOTAL				110	72	51	
RESULTADOS					ACEPTABLE	REGULAR	

Anexo 6. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del río Providencia en el mes de diciembre

PUNTO ALTO RÍO PROVIDENCIA							
DICIEMBRE							
RECOLECCIÓN	08/12/2022	RECOLECCIÓN	2:10 PM	TEMPERATURA	6-8°C		
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/12/2022	CONDICIÓN CLIMATICA	Bajas precipitaciones	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑO G		
COORDENADAS:	X		Y		ALTITUD:		
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE		BMWP/col	ABI	SHANNON
1	Ephemeropter	Leptophlebiidae		14	9	10	2,12
2	Ephemeropter	Baetidae		21	7	4	
3	Diptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	4	2	2	
4	Díptera	Psychodidae		6	7	3	
5	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	4	10	10	
6	Ephemeropter	Baetidae	<i>Andesiops</i>	7	7	4	
7	Haplotaxida	Tubificidae		2	1	1	
8	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	12	8	5	
9	Ephemeropter	Baetidae	<i>Baetodes</i>	7	7	4	
10	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (adulto)</i>	9	6	5	
TOTAL				86	64	48	
RESULTADOS					ACEPTABLE	REGULAR	

Anexo 7. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del río Providencia en el mes de febrero

PUNTO BAJO RÍO PROVIDENCIA							
FEBRERO							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN	08/02/2023	HORA DE RECOLECCIÓN	1:30 PM	TEMPERATURA	12-14 °C		
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/02/2023	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Seca	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑOG		
COORDENADAS			Y		ALTITUD:		1
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	BMWP/col	ABI	Shannon	
1	Díptera	Ceratopogonidae		11	5	4	
2	Ephemeroptera	Baetidae		17	7	4	
3	Gasterópoda	Lymnaeidae		4	8	3	
4	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnium</i>	7	6	5	
5	Díptera	Psychodidae		9	2	3	
6	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	8	7	4	
7	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		6	9	10	
8	Tricladida	Planariidae		13	7	5	
10	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	9	8	5	
TOTAL				84	59	43	
RESULTADOS					DUDOSA	REGULAR	

Anexo 8. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del río Providencia en el mes de febrero

PUNTO MEDIO RÍO PROVIDENCIA						
FEBRERO						
INFORMACIÓN GENERAL						
FECHA DE RECOLECCIÓN	08/02/2023	HORA DE RECOLECCIÓN	1:30 PM	TEMPERATURA	12-14 °C	
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/02/2023	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Seca	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑOG	
COORDENADAS			Y		ALTITUD:	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICE	1
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	BMWP/col	ABI	Shannon
1	Díptera	Blephariceridae	<i>Limnicola</i>	3	10	10
2	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		8	9	10
3	Díptera	Psychodidae		14	2	3
4	Ephemeroptera	Leptohyphidae		15	7	7
5	Díptera	Ceratopogonidae		7	5	4
6	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	13	7	4
7	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnia</i>	5	6	5
8	Gasterópoda	Lymnaeidae		4	8	3
TOTAL				69	54	46
RESULTADOS					DUDOSA	REGULAR

Anexo 9. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del río Providencia en el mes de febrero

PUNTO ALTO RÍO PROVIDENCIA							
FEBRERO							
INFORMACIÓN GENERAL	08/02/2023	HORA DE RECOLECCIÓN	1:30 PM	TEMPERATURA	12-14 °C		
FECHA DE RECOLECCIÓN	09/02/2023	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Seca	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑOG		
IDENTIFICACIÓN	X		Y		ALTITUD:		
COORDENADAS:				ABUNDANCIA	ÍNDICE		1
TAXONOMÍA	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE		BMWP/col	ABI	
Nº	Ephemeroptera	Baetidae		10	7	4	Shannon
1	Díptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	8	10	10	1,90
2	Díptera	Ceratopogonidae		15	5	4	
3	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		7	9	10	
4	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	6	7	4	
5	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnium</i>	10	6	5	
6	Díptera	Psychodidae		14	2	3	
TOTAL				70	46	40	
RESULTADOS					DUDOSA	REGULAR	

Anexo 10. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del Río del Pongo en el mes de diciembre

PUNTO BAJO RÍO DEL PONGO						
DICIEMBRE						
FECHA DE RECOLECCIÓN	08/12/2022	HORA DE RECOLECCIÓN	4:10 PM	TEMPERATURA	6-8°C	
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/12/2022	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Bajas precipitaciones	RESPONSABLES	BAUTISTA JOEL UÑO	
COORDENADAS:	X		Y		ALTITUD:	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA	ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	BMWP/col	ABI	Shannon
1	Tricladida	Planariidae		8	7	5
2	Ephemeroptera	Leptophlebiidae		12	9	10
3	Diptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	7	2	2
4	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (a)</i>	17	6	5
5	Ephemeroptera	Baetidae		29	7	4
6	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	7	8	5
7	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops</i>	11	7	4
8	Gasterópoda	Lymnaeidae		5	8	3
9	Ephemeroptera	Leptohyphidae		11	7	7
10	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	14	10	10
11	Díptera	Psychodidae		6	7	3
12	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetodes</i>	8	7	4
13	Haplotaxida	Tubificidae		5	1	1
14	Díptera	Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i>	7	5	4
TOTAL				147	91	67
RESULTADOS					ACEPTABLE	BUENO

Anexo 11. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del Río del Pongo en el mes de diciembre

PUNTO MEDIO RÍO DEL PONGO						
DICIEMBRE						
INFORMACIÓN GENERAL						
FECHA DE	08/12/2022	HORA DE	4:10 PM	TEMPERATURA	6-8°C	
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/12/2022	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Bajas precipitación	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑO	
COORDENADAS:	X		Y		ALTITUD:	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA	ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	BMWP/col	ABI	Shannon
1	Diptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	2	2	2
2	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	7	8	5
3	Díptera	Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i>	9	5	4
4	Ephemeropter	Baetidae	<i>Andesiops</i>	14	7	4
5	Tricladida	Planariidae		5	7	5
6	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (a)</i>	15	6	5
7	Díptera	Psychodidae		6	7	3
8	Ephemeropte	Leptophlebiidae		7	9	10
9	Gasterópoda	Lymnaeidae		4	8	3
10	Ephemeropte	Baetidae	<i>Baetodes</i>	9	7	4
11	Ephemeropte	Baetidae		18	7	4
12	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	11	10	10
13	Haplotaaxida	Tubificidae		7	1	1
TOTAL				114	84	60
RESULTADOS					ACEPTABLE	BUENO

Anexo 12. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del Río del Pongo en el mes de diciembre

PUNTO ALTO RÍO DEL PONGO						
DICIEMBRE						
INFORMACIÓN GENERAL						
FECHA DE	08/12/2022	HORA DE	4:10 PM	TEMPERATURA	6-8°C	
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/12/2022	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Bajas precipitaci	RESPONSABLES	BAUTISTA JOEL UÑO	
COORDENADAS:	X		Y		ALTITUD:	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA	ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	BMWP/col	ABI	Shannon
1	Diptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	6	2	2
2	Ephemeropte	Baetidae		22	7	4
3	Ephemeropte	Leptophlebiidae		8	9	10
4	Ephemeropte	Baetidae	<i>Baetodes</i>	9	7	4
5	Haplotaxida	Tubificidae		4	1	1
6	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (a</i>	15	6	5
7	Ephemeropter	Baetidae	<i>Andesiops</i>	10	7	4
8	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	13	10	10
9	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	7	8	5
10	Díptera	Ceratopogonidae	<i>Stilobezzia</i>	9	5	4
11	Díptera	Psychodidae		6	7	3
TOTAL				109	69	52
RESULTADOS					ACEPTABLE	REGULAR

Anexo 13. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto bajo del Río del Pongo en el mes de febrero

PUNTO BAJO RÍO DEL PONGO							
FEBRERO							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN	08/02/2023	HORA DE RECOLECCIÓN	3:30 PM	TEMPERATURA	12-14 °C		
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/02/2023	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Seco	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑOG		
COORDENADA X			Y		ALTITUD:		1
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA	ÍNDICE			
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	BMWP/col	ABI	Shannon	
1	Haplotaxida	Tubificidae		7	1	1	1,99
2	DIPTERA	CHIRONOMIDA	<i>Larsia sp</i>	7	2	2	
3	Ephemeropter	Leptophlebiidae		5	9	10	
4	Díptera	Ceratopogonida	<i>Stilobezzia</i>	10	5	4	
5	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (a</i>	15	6	5	
6	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	6	8	5	
7	Ephemeropter	Baetidae		17	7	4	
8	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	15	10	10	
TOTAL				82	48	41	
RESULTADOS					DUDOSA	REGULAR	

Anexo 14. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto medio del Río del Pongo en el mes de febrero

PUNTO MEDIO RÍO DEL PONGO							
FEBRERO							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN	08/02/2023	HORA DE RECOLECCIÓN	3:30 PM	TEMPERATURA	12-14 °C		
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/02/2023	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Seco	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑOG		
COORDENADA X			Y		ALTITUD:		1
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICE		
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE		BMWP/col	ABI	Shannon
1	Haplotaxida	Tubificidae		5	1	1	2,22
2	Díptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	8	2	2	
3	Ephemeropter	Leptophlebiidae		3	9	10	
4	Díptera	Ceratopogonida	<i>Stilobezzia</i>	7	5	4	
5	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (a</i>	6	6	5	
6	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	6	8	5	
7	Ephemeropter	Baetidae		11	7	4	
9	Ephemeropter	Baetidae	<i>Baetodes</i>	6	7	4	
10	Ephemeropter	Baetidae	<i>Andesiops</i>	14	7	4	
11	Díptera	Psychodidae		12	7	3	
TOTAL				78	59	42	

Anexo 15. Resultados de la identificación de macroinvertebrados en el punto alto del Río del Pongo en el mes de febrero

PUNTO ALTO RÍO DEL PONGO							
FEBRERO							
FECHA DE RECOLECCIÓN	08/02/2023	HORA DE RECOLECCIÓN	3:30 PM	TEMPERATURA	12-14 °C		
FECHA IDENTIFICACIÓN	09/02/2023	CONDICIÓN CLIMÁTICA	Seco	RESPONSABLES	OMAR BAUTISTA JOEL UÑO G		
COORDENADA X		Y		ALTITUD:			1
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA	ÍNDICE			
Nº	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	BMWP/col	ABI	Shannon	
1	Haplotaxida	Tubificidae		4	1	1	2,20
2	Díptera	Chironomidae	<i>Larsia sp</i>	7	2	2	
3	Ephemeropter	Leptophlebiidae		6	9	10	
4	Díptera	Ceratopogonida	<i>Stilobezzia</i>	2	5	4	
5	Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius (a</i>	8	6	5	
6	Ephemeropter	Baetidae	<i>Andesiops</i>	10	7	4	
7	Díptera	Psychodidae		6	7	3	
8	Díptera	Simuliidae	<i>Gigantodax</i>	6	8	5	
9	Ephemeropter	Baetidae		11	7	4	
10	Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	3	10	10	
TOTAL				63	62	48	
RESULTADOS					ACEPTABLE	REGULAR	



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL USO DE RIEGO MEDIANTE BIOINDICADORES EN LOS RÍOS PROVIDENCIA Y DEL PONGO, UBICADOS AL ESTE DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS, PERTENECIENTE AL CANTÓN LATACUNGA, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **Bautista Bautista Omar Emerson** y **Uñog Moposita Joel Mauricio** egresados de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Mayo del 2023.

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CC: 0502666514